

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-хімічний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри О.В.Гондлях
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 133 Галузеве машинобудування
(код і назва спеціальності)

на тему: Машина для лиття під тиском з модернізацією пластикаційного механізму

Виконав: студент 2 курсу, групи ЛП-91мп
(шифр групи)

Славінський Владислав Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник к.т.н., професор Сівецький В.І.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти з: ТМ та Е ст.вик. Борщик С. О
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Модернізації д.т.н., проф. Щербина В. Ю.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент ст.викл.каф. МАХНВ, к.т.н. Двойнос Я.Г.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Інженерно-хімічний факультет _____
(повна назва)

Кафедра Хімічного, полімерного та силікатного машинобудування _____
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) 133 Галузеве машинобудування _____
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Гондлях О.В. _____
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Славінському Владиславу Васильовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Машина для лиття під тиском з модернізацією пластикаційного

механізму _____

науковий керівник дисертації к.т.н., професор Сівецький Володимир

Іванович _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 3 » листопада 2020 р. №3207-с

2. Строк подання студентом дисертації 07.12.2020 р. _____

3. Об'єкт дослідження: Машина для лиття під тиском – термопластавтомат

4. Предмет дослідження (вихідні дані – для магістерської дисертації за

освітньо-професійною програмою) термопластавтомат з діаметром
черв'яка D=60 мм, об'єм вилівка V=250 см³, перероблюваний матеріал –
полістирол _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Вступ; Технічна характеристика
базової машини; Літературний огляд, патентний пошук, вироблення мети
роботи; Обґрунтування обраної модернізації; Розрахунки; Охорона праці;
Монтаж та експлуатація; Модернізація установки; Висновки; Література

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Термопластавтомат з модернізацією механізмів притискання та пластикації. Вид загальний А1, Інжекційно-пластикаційний вузол А1, Механізм змикання форми А1, Редуктор А1, Модернізація гідروциліндра механізму притискання А1, Модернізація механізму пластикації А1, Плакат «Результати розрахунків» А1

7. Орієнтовний перелік публікацій: теза на тему «Вдосконалення констукції інжекційного вузла термопластавтомата»

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю., проф. каф. ХПСМ		
ТМ та Е	Борщик С.О., ст. викладач каф. ХПСМ		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Опис, принцип дії та застосування машини.	19.10 – 24.10.2020	
2	Розробка креслення машини – термопластавтомата. Його технічна характеристика.	25.10 – 30.10.2020	
3	Літературний огляд та патентний пошук.	31.10 – 03.11.2020	
4	Розрахунок на міцність, тепловий та параметричний розрахунок базової конструкції.	04.11 – 09.11.2020	
5	Параметричні розрахунки основної модернізації	10.11 – 14.11.2020	
6	Розробка креслень баз. та модерн. конструкції.	15.11 – 16.11.2020	
7	Параметричні розрахунки допоміжної модерн.	17.11 – 22.11.2020	
8	Розроблення розділу «Монтаж та експлуатація»	23.11 – 24.11.2020	
9	Розроблення розділу «Охорона праці»	25.11 – 01.12.2020	
10	Створення розрахункової моделі в Ansys. Отримання результатів.	02.12 – 06.12.2020	
11	Аналіз достовірності результатів.	07.12 – 09.12.2020	
12	Створення плакату з результатами розрахунку.	10.12 – 12.12.2020	
13	Оформлення записки магістерської дисертації	13.12 – 18.12.2020	

Студент

(підпис)

Славінський В.В.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Сівецький В.І.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація магістра практичного спрямування на тему «Машина для лиття під тиском з модернізацією пластикаційного механізму» / НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»; Керівник – В.І. Сівецький; Виконавець – В.В. Славінський.

Мета проекту – проектування термопластавтомата згідно з технічним завданням на основі існуючих промислових аналогів, здійснення його модернізації.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань. Загальний обсяг записки становить 89 сторінок, 35 рисунків, 1 таблиці. Графічна частина містить 7 листів формату А1.

При патентному пошуку було обрано 2 технічних рішення. Метою першого є підвищення змішувальної ефективності та гомогенізації розплаву. Це досягається тим, що на торцевих поверхнях втулки та накінецьника виконано поглиблення. Результатом другого є швидке підведення сопла до нерухомої плити. Це в свою чергу зменшує час циклу та збільшує продуктивність.

Методом скінчених елементів розраховано 3D моделі модернізованих конструкцій. Результати розрахунків при робочих навантаженнях показали, що модернізована машина є працездатною.

ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТ, ПЛАСТИКАЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ, ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ, ІНЖЕКЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ, МЕХАНІЗМ ПІДВЕДЕННЯ СОПЛА, ЧЕРВ'ЯК, РОЗРАХУНКИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

ABSTRACT

Master's dissertation of the master of practical orientation on the topic " Injection molding machine with modernization of the plasticization mechanism" / NTUU "KPI named after Igor Sikorsky"; Leader – V.I.Sivetskyi; Performer – V.V.Slavinskyi.

The purpose of the project - design of the automatic molding machine according to the technical task on the basis of existing industrial analogs, implementation of its modernization.

The explanatory note consists of an introduction, eight sections, conclusions and a list of references. The total volume of the note is 89 pages, 35 figures, 1 table. The graphic part contains 7 sheets of A1 format.

During the patent search, 2 technical solutions were selected. The purpose of the first is to increase the mixing efficiency and homogenization of the melt. This is achieved by making indentations on the end surfaces of the sleeve and the tip. The result of the second is the rapid supply of the nozzle to a stationary plate. This in turn reduces cycle time and increases productivity.

Finite element method is used to calculate 3D models of modernized structures. The results of calculations at workloads showed that the upgraded machine is operational.

THERMOPLASTAVTOMAT, PLASTIC MECHANISM, CASTING UNDER PRESSURE, INJECTION MECHANISM, NOZZLE SUPPLY MECHANISM, SCREW, CALCULATIONS, MODERATION.

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

N –	потужність,	кВА;
П –	продуктивність,	кг/год;
n –	частота обертання,	об/хв;
τ –	загальний час циклу,	сек;
T –	температура,	$^{\circ}\text{C}$;
p –	тиск,	Па;
E –	модуль пружності,	Па;
σ –	напруження,	Па;
$N_{\text{ш}}$ –	хід шнека	м;
$M_{\text{кр}}$ –	крутний момент шнека,	Н·м;
L –	довжина,	м;
D –	діаметр,	м;
P –	навантаження,	Н;
η –	коефіцієнт корисної дії,	
μ –	коефіцієнт Пуассона,	
λ –	коефіцієнт теплопровідності,	Вт/м $^{\circ}\text{C}$;
α –	коефіцієнт тепловіддачі,	Вт/м 2 $^{\circ}\text{C}$;
e –	ширина гребня витка,	мм;
$\vartheta_{\text{ср}}$ –	швидкість,	м/с;
Q –	теплота,	Дж/м 3 ;
t–	крок гвинтової нарізки,	мм;
V–	об'єм,	м 3 ,

Скорочення

ККД–	Коефіцієнт корисної дії.
ТПА–	Термопластавтомат.
ЛМ–	Литтєва машина.
САПР–	Система автоматичного проектування.

Зміст

ВСТУП.....	3
1 ОПИС, ПРИНЦИП ДІЇ ТА ЗАСТОСУВАННЯ МАШИНИ	4
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ	8
3 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД, ПАТЕНТНИЙ ПОШУК, ВИРОБЛЕННЯ МЕТИ РОБОТИ	9
4 ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ	21
5 РОЗРАХУНКИ	23
5.1 Розрахунок проектної продуктивності та побудова циклограми	23
5.2 Розрахунок механізму пластикації	26
5.3 Розрахунок геометричних параметрів шнека	29
5.4 Розрахунок параметрів поступального руху шнека	33
5.5 Перевірочний розрахунок продуктивності пластикатора	35
5.6 Розрахунок шнека на міцність	36
5.7 Розрахунок шнека на жорсткість.	38
5.8 Перевірка шнека на стійкість.	39
5.9 Розрахунок матеріального циліндра.	41
5.10 Тепловий розрахунок	47
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	52
6.1 Повітря робочої зони	53
6.2 Виробничий шум	53
6.3 Промислове освітлення	54
6.4 Вібрація	55
6.5 Небезпека впливу частин машини, що рухаються і обертаються	56
6.6 Небезпека враження електричним струмом	57
6.7 Надзвичайні ситуації	58
6.8 Установки та засоби гасіння пожеж	59
7 МОНТАЖ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ	63
7.1 Технологія складання гідроциліндра механізму притискання	63

7.1.1 Ескіз гідроциліндра.....	63
7.1.2 Подетальна специфікація.....	64
7.1.3 Схема збирання гідроциліндра.....	65
7.1.4 Операційні карти збирання гідроциліндра.....	66
7.2 Технологія монтажу термопластавтомата на фундамент.....	69
7.2.1 План-схема розміщення фундаментних болтів.....	69
7.2.2 Карти ескізів монтажу машини на фундаменті.....	70
7.2.3 Операційні карти монтажу машини.....	73
7.3 Змащення машини.....	74
7.3.1 Карта змащування термопластавтомата.....	74
7.3.2 Схема змащування термопластавтомата.....	76
8 МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ.....	78
8.1 Розробка 3D-моделі базової та модернізованої частини установки	78
8.2 Розрахунки для базової моделі модернізованого вузла. Визначення «критичних» параметрів.....	79
8.3 Розрахунки для модернізованого вузла моделі. Визначення «критичних» параметрів для зміненої конструкції вузла.....	83
8.4 Підтвердження працездатності модернізованої установки.....	86
9 ВИСНОВКИ.....	87
Література.....	88
ДОДАТОК А	
ДОДАТОК Б	

ВСТУП

Машини для лиття під тиском - метод формування виробу із пластмас і резинових сумішей.

При литті під тиском матеріал в гранульованому чи порошкоподібному стані поступає в пластикаційний циліндр машини, де прогрівається й переміщується обертаючим шнеком. По мірі пластикації шнек відходить назад. При переробці термопластів циліндр нагрівають до 200-350°С, при переробці реактопластів - до 80-120°С. Пластифікований матеріал при поступальному русі шнека нагнітається в литтєву форму, де термопласт охолоджується. В формі матеріал видержується під тиском.

Лиття під тиском являється одним з основних методів по переробці полімерів та композиційних матеріалів на полімерній основі в промисловості пластичних мас. Цей метод дозволяє виготовляти високоякісні вироби з різних полімерних матеріалів, при порівняно невеликих затратах і великій продуктивності.

В даній дипломній роботі розглядається термопластавтомат з об'ємом вприску 250 см³ і буде проведено модернізацію базової машини, а також попередній та перевірочний розрахунок продуктивності машини, параметричні розрахунки, енергетичний розрахунок черв'яка, розрахунок черв'яка на жорсткість і міцність, розрахунок матеріального циліндра та тепловий розрахунок, на основі чого можна буде зробити висновок чи задовольняє вибраний термопластавтомат заданим умовам. Метою проекту є вдосконалення конструкції пластикаційного механізму з метою покращення якості виробів та зменшення енергетичних витрат при їх виготовленні.

1 ОПИС, ПРИНЦИП ДІЇ ТА ЗАСТОСУВАННЯ МАШИНИ

В якості базової конструкції розглядається термопластавтомат, який наведено в [1,2,20].

Литтєві машини призначені для виготовлення відкритої форми шляхом заповнення попередньо зімкненої прес-форми з великою швидкістю та величезним тиском і послідовного охолодження виробу та розмикання форми з метою розвантаження.

Литтєві машини мають дуже різноманітне застосування. Готові вироби використовуються майже в усіх галузях промисловості, починаючи з медицини і закінчуючи харчовою промисловістю.

В залежності від базових механізмів, їх конструктивних виконань та взаємного розміщення, литтєві машини мають широкий різновид. В більшості випадків вони мають 3 базових вузли:

–пластикаційно –інжекційний вузол (черв'ячний, плунжерний, комбінований та ін.);

–механізм запирання форми (ГП колонного або щелепного типу, з гідравлічним або важільно – гідравлічним приводом).

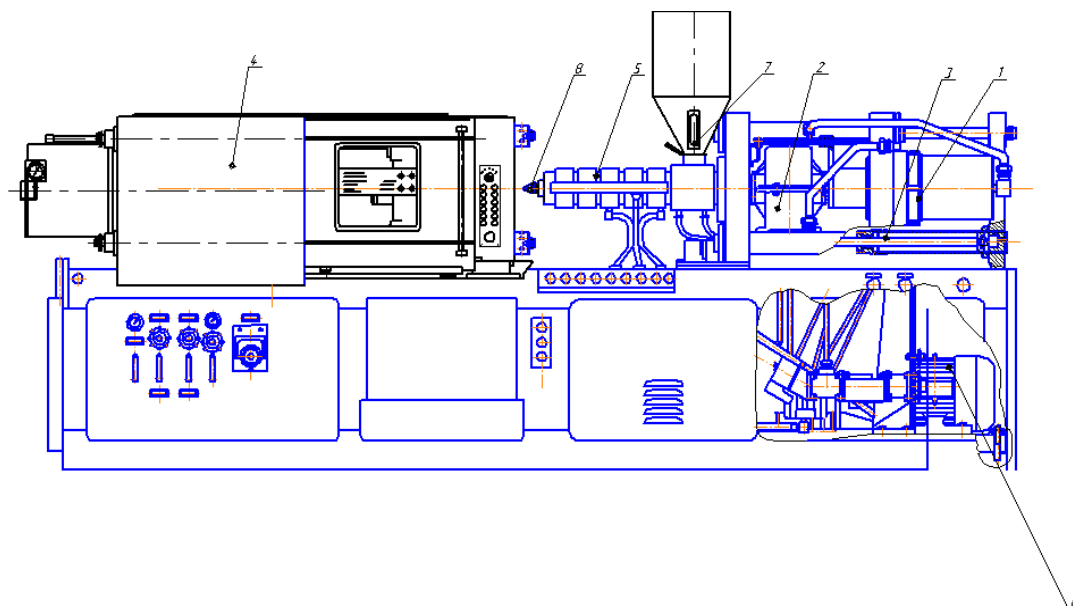
–вузол переміщення інжекційно – пластикаційного вузла.

В залежності від розмірів готової продукції ТПА мають різні габарити: найменші можуть досягати вагу в кілька кілограм і їх можна розмістити на столі; найбільші можуть досягати вагу в кілька десятків тон і розміром вони як невеликий будинок.

Для отримання виробів без дефектів на поверхні і зберігання їх розмірів при осіданні необхідно в процесі охолодження зберегти в порожнині форми постійний тиск .

Велику кількість виробів отримують методом лиття під тиском.

Загальний вигляд ЛМ ТП 250 зображено на рисунку 1.1.



1 – механізм інжекції; 2 – редуктор; 3 – механізм переміщення вузла інжекції; 4 – механізм змикання пресформи; 5 – пластикатор; 6 – електродвигун; 7 –бункер; 8 – сопло.

Рисунок 1.1– Загальний вигляд ТПА-250.

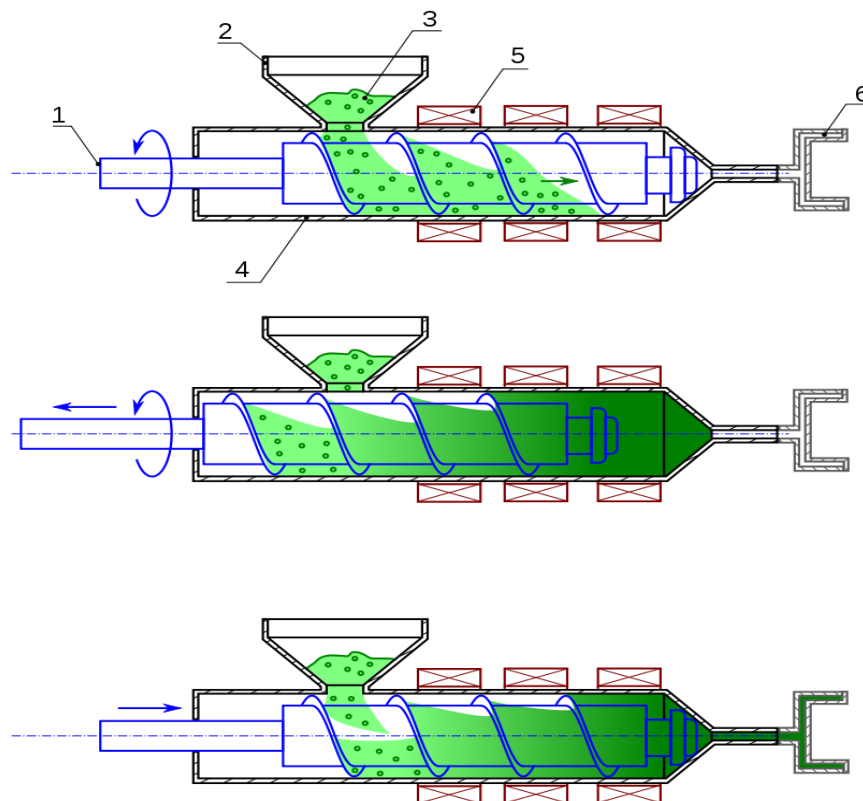
Процес лиття під тиском полімерних виробів на ТПА полягає в наступному [2]. Гранульований полімерний матеріал з бункера 7 надходить в матеріальний циліндр пластикатора 5, захоплюється обертовим шнеком і транспортується у напрямку сопла 8. При цьому гранульований матеріал нагрівається, ущільнюється в пробку і під дією тепла від тертя об поверхню гвинтового каналу черв'яка і поверхню циліндра, а також за рахунок тепла від зовнішніх зонних електронагрівачів пластикується, тобто розплавляється під тиском, і, пройшовши через зворотний клапан, накопичується в зоні дозування матеріального циліндра. Під дією виникаючому при цьому тиску черв'як відсувається вправо, зміщуючи плунжер механізму інжекції 1. Після спрацювання кінцевих вимикачів обертання черв'яка припиняється - необхідна доза розплаву підготовлена. Далі, за допомогою механізму притискання інжекційний вузол зсувається вліво до змикання сопла з ливниковою втулкою, до цього моменту завершує змикання частин пресформи 4 пресовий вузол ЛМ. Він являє собою, по суті, горизонтальний важільно -гідравлічний прес. Після приведення всіх блоків в початковий стан створюється тиск в гідроприводі осьового руху черв'яка, який,

діючи аналогічно поршню, інжектуються розплав полімеру з матеріального циліндра в прес-форму, де і утворюється виріб. У період формоутворення виробу черв'як приводиться в обертання для підготовки наступної порції. Після охолодження розплаву до заданої температури форма розкривається, і виріб за допомогою виштовхувачів видаляється з робочої зони литтєвої машини. Цикли повторяються.

Технологічний процес лиття під тиском складається з таких операцій [4]:

- плавлення, гомогенізація і дозування полімеру;
- змикання форми, підведення вузла впорскування до форми;
- впорскування розплаву;
- витримування під тиском, відведення вузла вприскування, охолодження виробу;
- розкриття форми і виштовхування виробу.

Процес плавлення, гомогенізації і впорскування порції полімеру в форму відбувається згідно схеми представленої на рисунку 1.2.



1 – шнек; 2 – бункер; 3 – гранульований матеріал; 4 – циліндр литтєвої машини; 5 – система нагрівання; 6 – формувальна порожнина прес-форми.

Рисунок 1.2 – Основні операції циклу лиття пластмас під тиском

Якість виробів визначається рівнем гомогенізації підготовленого полімеру і режиму впорскування його у форму, витримки необхідного тиску і температури до оптимального рівня охолодження.

Недоліком базової конструкції полягає в тому, що інжекційний механізм з типовою геометрією черв'яка не забезпечує необхідної якості гомогенізації і, як наслідок, якості виробу.

Підсумовуючи вище зазначені особливості термопластавтоматів можна зробити висновки, що їх перевагою є компактність, гнучкість виробництва, надійність, повна автоматизація, можливість виготовлення тонкостінних виробів. До недоліків же можна віднести високу вартість пресформ та їх довге виготовлення, обмежена товщина стінок виробу, недостатня змішувальна ефективність.

Метою даного проекту є вдосконалення базової машини і позбавлення її недоліків.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики машини ТПА – 250 згідно з[3]

Параметр	Значення
Максимальний об'єм виливка, $см^3$	250
Площа проекції виробу, що відливається, $см^2$	204,62
Зусилля запирання прес-форми, $кН$	2000
Пластичаційна продуктивність, $\frac{кг}{год}$	45
Діаметр черв'яка впорскування, $мм$	60
Відношення довжини нарізної частини черв'яка до його діаметру, $\frac{L}{D}$	10
Найбільший хід черв'яка впорскування, $мм$	100
Швидкість впорскування черв'яка, $\frac{мм}{с}$	50
Тиск в гідросистемі впорскування, $\frac{МН}{м^2}$	7,5
Зусилля вприску, $кН$	250
Питомий тиск на матеріал, $\frac{МН}{м^2}$	90
Швидкість обертання черв'яка, $\frac{об}{хв}$	25-100
Потужність приводу черв'яка, $кВт$	6,4
Зусилля розкриття форми, $кН$	240
Тиск в гідросистемі запирання, $\frac{МН}{м^2}$	20
Хід рухомої плити, $мм$	450
Найбільша відстань між плитами, $мм$	815
Відстані між колонами в світлі по вертикалі та горизонталі, $мм$	370x370
Потужність електродвигуна гідроприводу, $кВт$	10
Габарити машини, $мм$	3900×1000×1740
Маса машини, $кг$	5500

3 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД, ПАТЕНТНИЙ ПОШУК, ВИРОБЛЕННЯ МЕТИ РОБОТИ

З метою позбавлення вище вказаних недоліків і удосконалення інжекційного вузла та механізму притискання, було проведено огляд літератури та патентів 1,20. З метою знаходження сучасних конструктивних рішень також здійснювався пошук інформації в мережі INTERNET. За допомогою мережевих ресурсів пошуку патентів (FIPS та UKRPATENT). В результаті огляду літератури та патентів було 2 технічних рішення на основі яких

У рішенні [5] пропонується удосконалення конструкції механізму змикання форми, з метою зниження часу циклу і забезпечення рівних умов роботи пристрою при прямому і зворотному ході рухомої плити. Технічний результат досягається в гідромеханічних пристрої змикання півформ литтєвої машини, що містить порожнистий корпус на нерухомій плиті з ходовим гвинтом усередині, сполученим з приводом його обертання і ходової гайкою. Ходова гайка пов'язана із закріпленою на рухомій плиті силовий втулкою з кільцевими виступами на зовнішній поверхні для взаємодії через замок з поршнем гідроциліндра замикавання полуформ. При цьому замок виконаний у вигляді різьбовій пари силовий втулки і силовий гайки, встановленої в нерухомій плиті з можливістю обмеженого осьового переміщення і жорстко з'єднаної з зубчастим колесом внутрішнього зачеплення через шестерню. Шестерня закріплена на торцевій поверхні кришки полого корпусу, пов'язаного з зубчастим колесом зовнішнього зачеплення, розташованим на ходовому гвинті з кроком S . Крок визначається з виразу $S / S1 = Z / Z1$, де $S1$ – крок різьби силовий гайки, Z – число зубів зубчастого колеса зовнішнього зачеплення, $Z1$ – число зубів зубчастого колеса внутрішнього зачеплення. При цьому силова гайка щодо полого корпусу підпружинена.

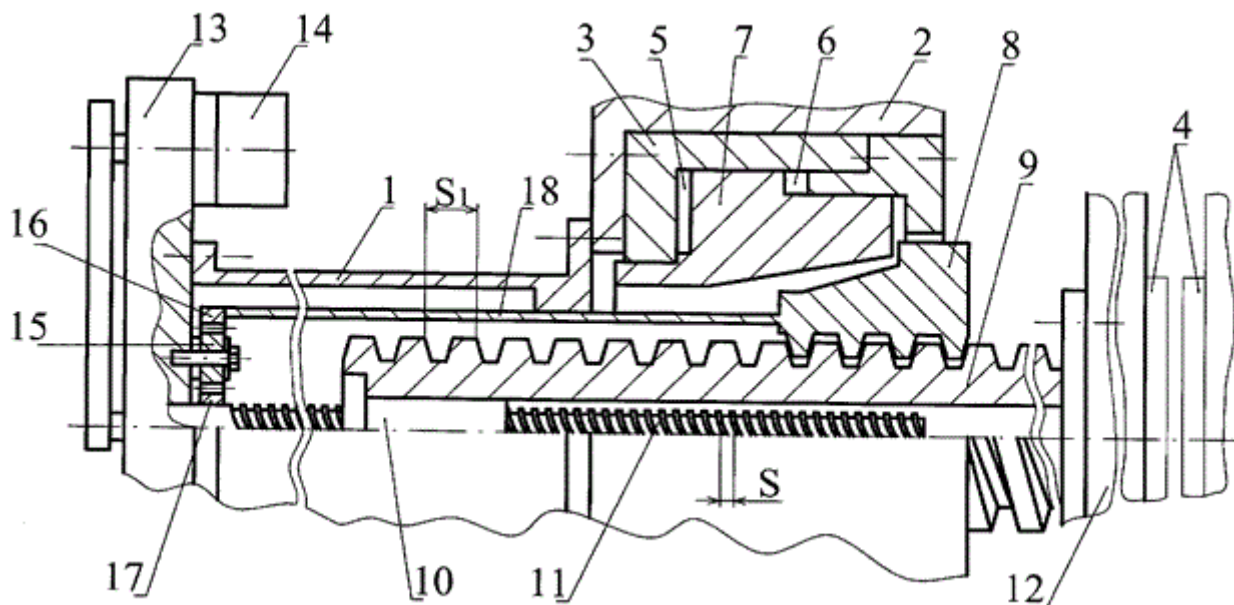


Рисунок 3.1 – Гідромеханічний пристрій змикання напівформ литтєвих машин

У патенті [6] в основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення термопластавтомату для виготовлення виробів з термопластичних матеріалів за рахунок нового конструктивного виконання матеріального циліндра та забезпечення зниження енергоємності та часу простоїв обладнання, підвищення якості цільового продукту, збільшення строку служби нагрівачів та контакторів, забезпечення умов техніки безпеки виробництва. Поставлена задача вирішується наступним чином: у відомому термопластавтоматі, що містить порожнистий матеріальний циліндр із завантажувальним і розвантажувальним отворами та розташованим в середині з можливістю обертання черв'яком, а на зовнішній поверхні матеріального циліндра – встановлені стрічкові кільцеві ТЕНи у відповідності до корисної моделі матеріальний циліндр в зоні кожного кільцевого ТЕНа виконано огорнутим теплоізолюючим чохлом по здовжені та по колу, який складається з окремих модулів кількістю відповідно до довжини матеріального циліндру без проміжків між ними. А чохол виконано багатошаровим з жаростійкої та теплостійкої тканини з шаром кремнеземної вати між ними. Суть корисної моделі пояснюється на рис.4.3, де 1 – матеріальний циліндр з встановленими на ньому ТЕНами 3, 2 – модулі теплоізолюючого чохла, 4 – шар

жаростійкої тканини , 5 – шар жаростійкого наповнювача, наприклад, кремнеземної вати, 6 – теплостійкий шар

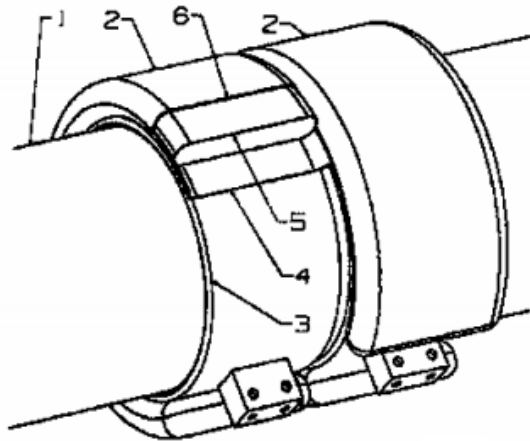


Рисунок 3.2 – Кільцеві стрічкові ТЕНИ

У патенті [7] технічним завданням заявленого технічного рішення є спрощення конструкції й підвищення надійності роботи механізму замикання напівформ, а також – покращення умов експлуатаційно – технічного обслуговування напівформ. Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що механізм замикання напівформ машини лиття, наприклад, термопластавтомата, містить як мінімум два одноплечих важеля, шарнірно встановлених на нерухомій плиті й кінематично поєднаних з приводом, пов'язаним з рухомою плитою. При цьому одноплечі важелі поєднуються з двоплечими, які другим плечем пов'язані за допомогою проміжних ланцюгів з приводом, при цьому двоплечні важелі дзеркально встановлені, в опорах на рухомій плиті, при чому з віссю оберту в кожній, яка лежить в одній площині з віссю оберту відповідного одноплечого важеля, в положенні запертих напівформ розташованих поміж його віссю. Заявлене технічне рішення пояснюється кресленнями, де:

- на рис.3.3 а) зображений загальний вигляд механізму замикання напівформ в їхньому робочому положенні, розріз Б-Б на рис.3.3 в);
- на рис.3.3 б) те ж саме, але з максимально відведеною рухомою плитою;

- на рис.3.3 в) – поздовжний розріз шарнірно-важільної системи механізму замикання напівформ в положенні максимально відведеної рухомої плити, розріз В-В на рис.3.3 б);

- на рис.3.3 г) – поперечний розріз шарнірної пари механізму замикання напівформ в положенні максимально відведеної рухомої плити, розріз В-В на рис.3.3 а).

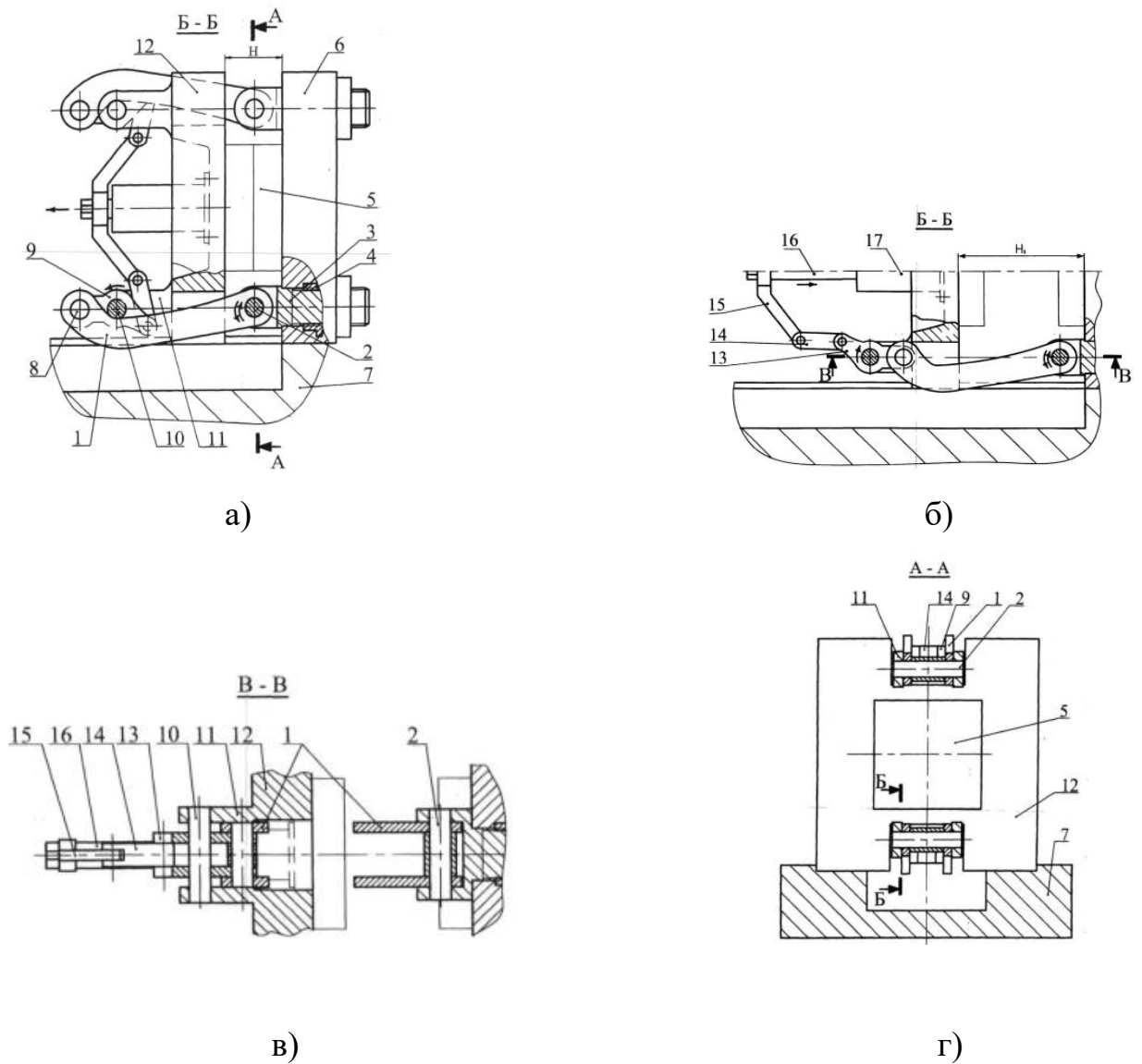
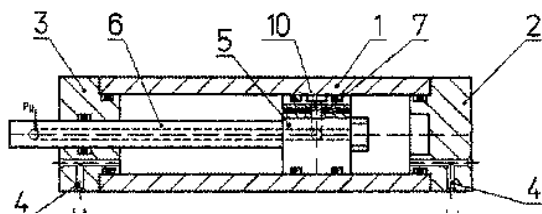


Рисунок 3.3 – Механізм змикання напівформ машини для лиття

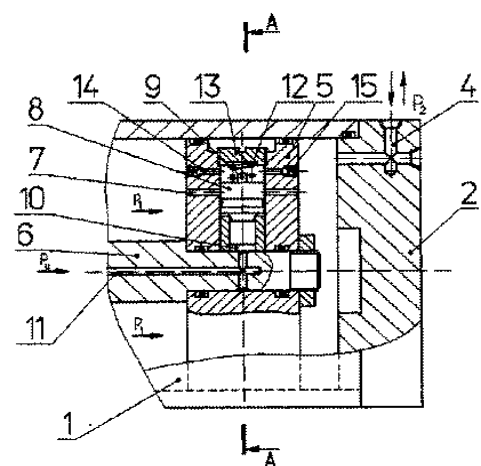
У патенті [8] основою задачею є одержання ідеального кінцевого результату, тобто створення силового циліндру, який дає можливість

регулювання швидкості руху поршня в будь-якому напрямку і по всій довжині його руху. Ця задача вирішена за рахунок технічного результату, який полягає в приданні поршню властивостей регулювання витрати робочої рідини, яка проходить через нього на протязі всього шляху поршня при руханні в будь-якому напрямку. Для досягнення цього технічного результату в силовому циліндрі, який складається з корпусу, штоку і поршня з дросельним отвором і клапаном, поршень виконано з радіальним каналом, що перетинає дросельний отвір і в якому встановлено клапан, а шток виконано з поздовжнім каналом, який має сполучення з радіальним каналом поршня. В той же час клапан виконано у вигляді циліндричного пальця з кільцевою канавкою на поверхні хвостовиком на торці, при цьому хвостовик входить в пружину, встановлену з боку зовнішньої поверхні поршня. В тілі поршня також виконано додаткові канали, які зв'язують за клапанну порожнину поршня з поршневою і штоковою порожнинами циліндра і в цих каналах встановлені зворотні клапани. Між відмінними ознаками і технічним результатом є причинно-наслідковий зв'язок. Для того, щоб поршень мав властивості регулювання витрати робочої рідини в будь-якій точці циліндра, він має бути оснащений клапаном, яким оператор може управляти. Таким клапаном є той, який має властивості, визначені відмінними суттєвими ознаками винаходу. Такий технічний результат не можна одержати, якщо з наведеної сукупності ознак виключити будь-яку. Заявлене рішення не відомо із рівня техніки, що дає змогу зробити висновок, що воно є новим. Заявлене рішення має винахідницький рівень тому, що воно явним чином не впливає для спеціаліста із рівня техніки. Винахід є промислово-придатним тому, що гідравлічний циліндр з регульованою швидкістю дії може бути використаний для приводу робочого органу гідравлічного екскаватора з підвищеними якісними характеристиками. Заявлений гідравлічний силовий циліндр зображено на кресленнях (Рис.3.4), де на (рис.3.4 а) показано загальний вид циліндра (поздовжній переріз), - на (рис.3.4 б) показано поршень в перерізі по радіальному каналу, - на (рис.3.4 в) показано переріз по А-А, - на (рис.3.4 г) показано клапан в момент гальмування руху

поршня, стрілками позначено P_i – тиск робочої рідини в штоковій порожнині, P_r – тиск робочої рідини в поршневій порожнині, P_y – тиск регулювання, P_t – тиск зворотного руху робочої рідини. Заявлений силовий гідроциліндр складається з корпусу 1, який має дно 2 і кришку 3 з отворами 4 для підводу робочої рідини в штокову і поршневу порожнини циліндру. В корпусі 1 з можливістю поздовжнього руху встановлено поршень 5 зі штоком 6. Поршень 5 має скрізний отвір 7, який перекриває клапан 8, виконаний у вигляді циліндричного пальця з хвостовиком 9 на торці. Клапан 8 встановлено з можливістю зворотно-поступального руху в радіальному каналі 10, виконаному в поршні 5 так, що він перетинає отвір 7. Шток 6 виконано з поздовжнім каналом 11, який з'єднано з радіальним каналом 10. В каналі 10 встановлено пружину 12, яка притискує клапан 8 в напрямі штоку. Пружина 12 надіта на хвостовик 9 пальця 8 і утримується пробкою 13, закриваючою канал 10 поршня 5. В поршні 5 виконано додаткові канали 14, які зв'язують за клапанну порожнину каналу 10 з штоковою та поршневою порожнинами. В каналах 14 встановлено зворотні клапани 15. На поверхні пальця 8 виконано кільцеву канавку 16, а довжина хвостовика 9 задана такою, що коли хвостовик утикається в пробку 13, то канавка 16 співпадає з отвором 7 поршня 5 (див рис.3.4 г)



а



б

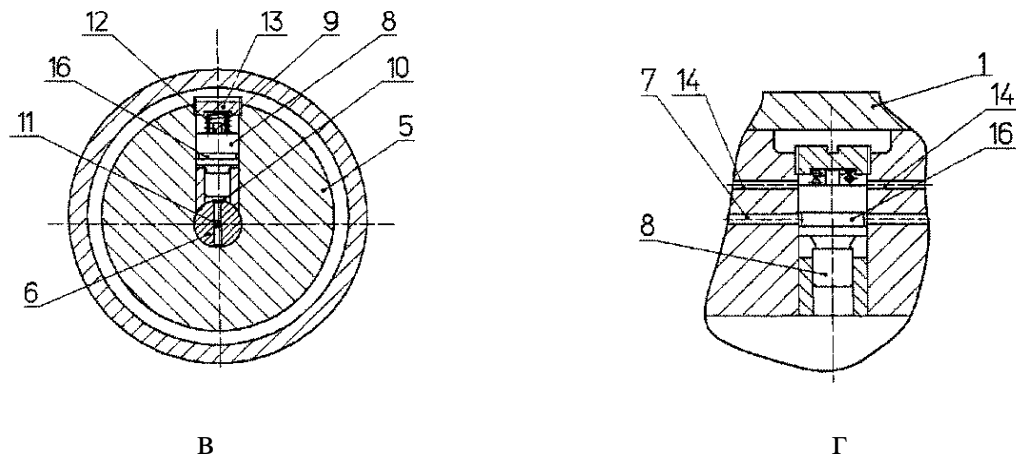


Рисунок 3.4 – Силовий гідроциліндр

Силовий гідроциліндр діє так. При подачі робочої рідини в поршневу порожнину (P_r) під її тиском поршень починає рухатись вбік кришки 3, витискуючи рідину з штокової порожнини. В цей час під дією пружини клапан 8 утримується так, що його тіло перекриває отвір 7 (див рис.4.1 б) і поршень рухається з заданою швидкістю. Коли ж виникає потреба зменшити швидкість руху поршня 5 в канал 11 штока 6 подається робоча рідина під тиском (P_y), вона поступає в радіальний канал 10 і тисне на клапан 8. Клапан 8, рухаючись по каналу 10, стискає пружину 12, утикаючись хвостовиком 9 в пробку 13. В цей момент канавка 16 суміщується з отвором 7 (див рис 4.1. г) і рідина дроселює через нього в штокову порожнину. Тиск в поршневій порожнині зменшується і швидкість руху поршня 5 зменшується. При зменшенні тиску (P_y), пружина 12 рухає клапан 8 назад, зменшуючи відкриту щілину отвору 7 аж до закриття. В процесі роботи циліндра в клапанну порожнину каналу 10 попадає робоча рідина, яка могла б перешкоджати рухові клапана 8, але завдяки додатковим каналам 14 вона має можливість вийти через зворотні клапани 15. В той же час зворотні клапани 15 перешкоджають попаданню робочої рідини з штокової і поршневої порожнин в клапанну порожнину каналу 10. Аналогічно гідроциліндр діє і в зворотному напрямку, коли робочий тиск створюється в штоковій порожнині.

У патенті [9] запропоновано удосконалення інжекційного вузла шляхом оснащення спряжених торцевих поверхонь поглибленнями, що забезпечить підвищення змішувальної ефективності при наборі порції полімеру без

зменшення продуктивності. З цією метою торцеві поверхні наконечника черв'яка та зворотнього клапана оснащені поглиблення, причому поглиблення принаймні на одній торцевій поверхні при обертанні шнека можуть з'єднувати щонайменше два поглиблення на іншій торцевій поверхні. При обертовому русі черв'яка поглиблення зміщуються одне відносно одного, забезпечуючи течію матеріалу в напрямку сопла за умов інтенсивного перемішування. Зовнішній діаметр упора наконечника може бути виконано менший від внутрішнього діаметру циліндра. Зовнішній діаметр упора наконечника та внутрішній діаметр циліндра можуть бути виконані однаковими, а торцева та конічна поверхні наконечника з'єднані наскрізними каналами.

Наявність причинно-наслідкового зв'язку між сукупністю істотних ознак корисної моделі і одержуваним технічним результатом полягає в наступному.

Встановлення втулки на наконечнику без можливості повертання відносно циліндра і оснащення її бокової поверхні й бокової поверхні наконечника, які контактують між собою, поглибленнями, при обертанні втулки клапана і переміщення її в осьовому напрямі в крайнє положення в бік упора утворює канали для протікання полімеру, які при обертанні наконечника разом зі шнеком відносно втулки поперемінно відкриваються та закриваються. Це забезпечує високу змішувальну ефективність і необхідний рівень гомогенізації за рахунок багаторазового розділення та злиття потоків полімеру при його перетіканні між поглибленнями.

Сутність конструкції корисної моделі пояснюється кресленнями. На (Рис.3.5 а) зображено змішувально-інжекційний вузол в двох положеннях: в верхній половині креслення зображено вузол в режимі набору порції полімеру, в нижній – в режимі впорскування полімеру.

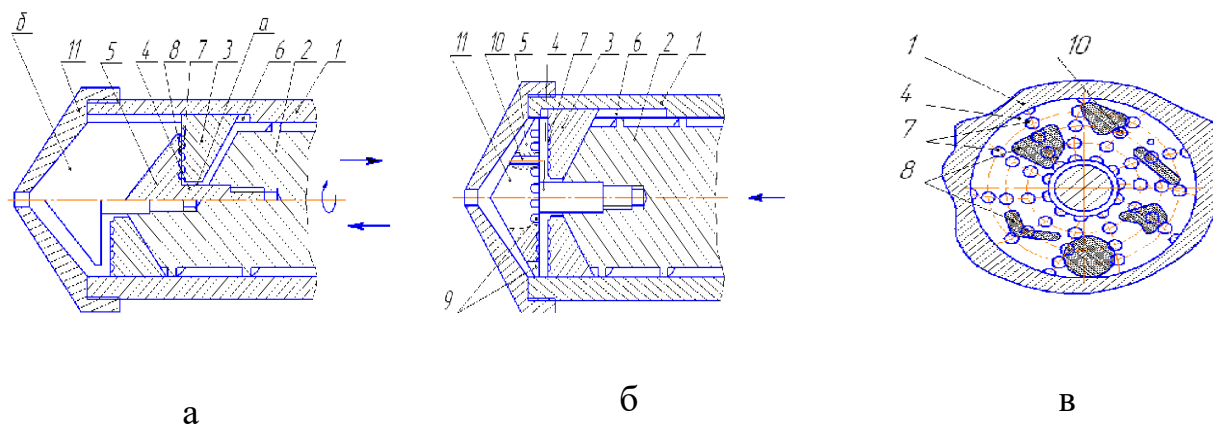


Рисунок 3.5 – Змішувально-інжекційний вузол машини для лиття під тиском

На (Рис.3.5 б) показано варіант виконання вузла за умов, коли зовнішній діаметр упора наконечника та внутрішній діаметр циліндра однакові, а в наконечнику виконано канали для протікання полімеру.

На (Рис.3.5 в) показано варіанти геометричного оформлення поглиблень та схеми їх розміщення на торцевих поверхнях упора наконечника та втулки.

Змішувально-інжекційний вузол машини для лиття під тиском (Рис.3.5 а) складається з циліндра 1 та шнека 2, на кінці якого встановлено наконечник 4 з упором 5 та втулка 3. Поверхні втулки 3 та упора 5 наконечника, які повернені одна до одної, мають поглиблення 7 та 8, які утворюють між собою канали для протікання полімеру. Втулка 3 встановлена на циліндричній частині наконечника з утворенням кільцевого зазору a і з можливістю осьового руху відносно нього та циліндра 1 без можливості обертання навколо своєї осі. Втулка 3, наприклад, оснащена виступом, що розміщується в пазу 6 циліндра 1. На (Рис.3.5 б) відображено варіант конструктивного оформлення, коли зовнішній діаметр упора 5 наконечника 4 та внутрішній діаметр циліндра 1 однакові. При цьому торцева та конічна поверхні наконечника з'єднані наскрізними каналами, в формі поглиблень 9 та/або отворів 10.

Поглиблення на торцевих поверхнях упора наконечника та втулки можуть розміщуватись та мати декілька варіантів конструктивного оформлення. На (Рис.3.5 в) показано варіанти геометричного оформлення поглиблень та схеми їх

розміщення на торцевих поверхнях наконечника та втулки, і схеми руху полімеру в утворюваних хвильових каналах (поглиблення на одній з поверхонь заштриховано).

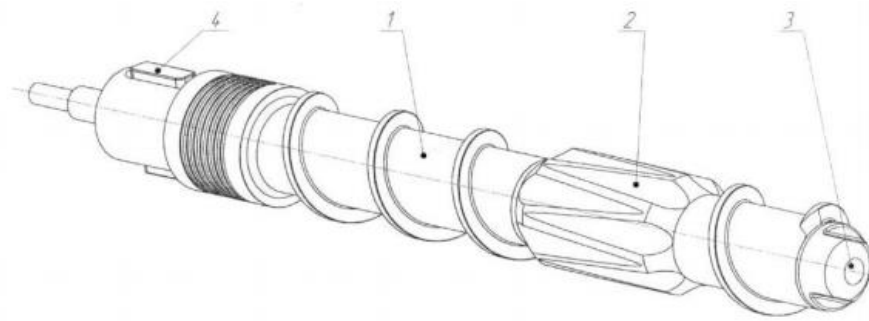
Розглянемо роботу змішувача. При обертанні в циліндрі 1 шнека 2 полімер рухається по його гвинтовій нарізці і потрапляє в канал, утворений торцевими поверхнями наконечника 4 та втулки 3 (Рис.3.5 а) За рахунок створення надлишкового тиску полімер переміщує втулку 3 в напрямку торцевої поверхні упора 5. При цьому поглиблення 7, 8 на торцевих поверхнях втулки 3 і упора 5 утворюють наскрізні канали. Полімер, рухаючись по кільцевому зазору а між втулкою 3 та циліндричною частиною наконечника 4, потрапляє в наскрізні канали, що утворюються поглибленнями 7 та 8, і накопичується в порожнині б між наконечником 4 і мундштуком 11. Під час обертання наконечника 4 разом зі шнеком 2 відбувається постійне з'єднання та роз'єднання поглиблень 7 та 8 між собою, з утворенням в кожний момент часу нових конфігурацій каналів (Рис.3.5 в). При цьому полімер піддається інтенсивним зсувним деформаціям, зрізу, розділенням та злиттям невеликих об'ємів полімеру, що знаходяться в поглибленнях 7 та 8. Це забезпечує якісний змішувачий ефект, наряду з виконанням запираючої функції.

Накопичена в порожнині б порція полімеру впорскується до порожнини прес-форми за рахунок переміщення шнека 2 в напрямку мундштука 11 (див. нижню частину (Рис.3.5 а). Торцева поверхня шнека набігає на повернуту до неї торцеву поверхню втулки 3, перекриваючи зворотній рух полімеру в гвинтовий канал шнека. Це забезпечує розвиток необхідного тиску і швидкості заповнення прес-форми полімером.

В разі виконання зовнішнього діаметра упора 5 наконечника 4 і внутрішнього діаметра циліндра 1 однаковими (Рис.3.5 б) матеріал, що рухається по каналам, утвореними поглибленнями 7 та 8, потрапляє в порожнину б через поглиблення 9 та/або отвори 10.

Патент [10] являє собою пристрій екструзійного формування у зоні пластикації для гомогенізування розплаву з його охолодженням в процесі екструзії і може бути використана в екструзійному обладнанні ліній переробки

полімерних матеріалів, наприклад – лінії грануляції поліетилен-каучукової композиції.



1 – шнек; 2 – деталь з елементами Меддока; 3 – конус; 4 – шпонка.

Рисунок 3.6 – Шнек екструдера з елементом Меддока

Шнек екструдера для переробки полімерних матеріалів працює наступним чином. До заготовки шнека 1 механічно прикріплена на різьбі деталь 2, яка містить елемент Меддока, до якої механічно, на різьбі прикріплено конус 3 з фасками під ключ для затягування різьб. Обидві різьби виконано з лівим напрямком для запобігання самотійному відкручуванню, а заготовка шнека містить наскрізний центральний отвір. Шпонки 4 встановлено для передачі крутного моменту обертання шнека. Охолоджуюча рідина через трубу меншого діаметра 5 потрапляє у порожнину деталі, на якій виконано елемент Меддока, та охолоджує її зсередини, після чого потрапляє у зазор між трубами 5 та трубою більшого діаметра 6, і повертається назовні шнека. Прокладки 7 та 8 запобігають потраплянню охолоджуючої рідини, наприклад води у порожнину між трубою більшого діаметра 6 та поверхнею центрального отвору шнека.

Корисна модель [11] належить до сільськогосподарського машинобудування, зокрема до пристроїв для обробки сипучих сільськогосподарських продуктів тиском. Технічною задачею, що вирішується заявленою корисною моделлю є інтенсифікація термодинамічної дії, збільшення продуктивності і ресурсу робочої поверхні черв'яка екструдера. Цей технічний результат досягається тим, що проточки виконані під кутом 38° - 57° і мають криволінійний профіль, що описується алгебраїчною кривою типу Локон Аньєзі з

рівнянням $(x_2 - a_2)y - a_3 = 0$. Недоліком є нерівномірне зростання тиску від завантаження продукту в пресовий механізм і до надходження його до філь'єри, і повільний вихід екструдованого продукту, що приводить до перегріву продукту і низької продуктивності екструдера.

Екструдер на рисунку 3.7 складається з корпусу 1 із завантажувальною воронкою 2 і черв'яка 3 з ексцентричною нарізкою в зоні пластифікації. На ділянках з мінімальною глибиною гвинтових каналів черв'яка 3 виконані проточки 4. Проточки 4 виконані під кутом 38° - 57° і мають криволінійний профіль, що описується алгебраїчною кривою типу Локон Аньєзі. Гвинтовий канал на ділянці з ексцентричною нарізкою по довжині складається з менших 6 і більших 7 об'ємів, що чергуються, а також плавно змінюється співвідношення між ними.

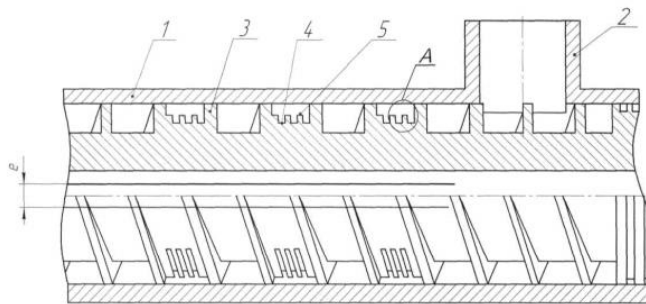


Рисунок 3.7 – Черв'як з ексцентричною нарізкою

Екструдер для приготування кормів працює наступним чином. Кормова суміш завантажується в завантажувальну лійку 2, потрапляє у внутрішню порожнину корпусу 1, де вона захоплюється черв'яком 3 і транспортується по зонам екструдера, піддаючись термодинамічній дії.

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

На базі проведеного огляду літератури і патентів було вирішено використати технічні рішення [8,9] в якості напрямів удосконалення базової конструкції ТПА. Модернізація механізму притискання сопла до прес-форми шляхом удосконалення гідроциліндру [8] забезпечить скорочення часу циклу лиття, тобто продуктивності ТПА. В силовому циліндрі, який складається з корпусу, штоку і поршня з дросельним отвором і клапаном, поршень виконано з радіальним каналом, що перетинає дросельний отвір і в якому встановлено клапан, а шток виконано з поздовжнім каналом, який має сполучення з радіальним каналом поршня. В той же час клапан виконано у вигляді циліндричного пальця з кільцевою канавкою на поверхні хвостовиком на торці, при цьому хвостовик входить в пружину, встановлену з боку зовнішньої поверхні поршня. В тілі поршня також виконано додаткові канали, які зв'язують за клапанну порожнину поршня з поршневою і штоковою порожнинами циліндра і в цих каналах встановлені зворотні клапани. Для того, щоб поршень мав властивості регулювання витрати робочої рідини в будь якій точці циліндра, він має бути оснащений клапаном, яким оператор може управляти. Таким клапаном є той, який має властивості, визначені відмінними суттєвими ознаками винаходу.

Отже при такій модернізації гідроциліндр може здійснювати не тільки поступальний рух, але і зворотно-поступальний, що дуже важливо для механізму притискання. Оскільки внаслідок цього зменшується цикл роботи і це сприяє підвищенню продуктивності машини. Тобто при такій модернізації відбувається вирішення нашої задачі, а саме максимально покращити роботу термопластавтомата.

З метою підвищення рівня гомогенізації полімерного матеріалу було обрано рішення [9], яке передбачає модернізацію конструкції зворотного кільцевого клапана інжекційного вузла машини для лиття. Що забезпечить підвищення змішувальної ефективності при наборі порції полімеру без зменшення продуктивності. З цією метою торцеві поверхні наконечника черв'яка та

зворотнього клапана оснащені поглиблення, причому поглиблення принаймні на одній торцевій поверхні при обертанні шнека можуть з'єднувати щонайменше два поглиблення на іншій торцевій поверхні. При обертвовому русі черв'яка поглиблення зміщуються одне відносно одного, забезпечуючи течію матеріалу в напрямку сопла за умов інтенсивного перемішування. Таким чином може бути модернізована будь-яка машина для лиття під тиском із шнековою підготовкою полімеру. Витрати на модернізацію мінімальні і пов'язані з виготовленням втулки і вдосконаленням конструкцій наконечника та циліндра. Такі роботи, як правило, виконуються на звичайному універсальному металообробному обладнанні і не викликають труднощів.

Отже обрані модернізації забезпечать покращення якості готового виробу та зменшення часу циклу, що забезпечить збільшення продуктивності та змішувальної характеристики термопластавтомата.

5 РОЗРАХУНКИ

Метою розрахунку ТПА є визначення параметричних величин, розрахунок механізмів інжекції, замикання пів-форм, запирання сопла, циклограми роботи, проектної продуктивності, розрахунок геометричних параметрів шнека, перевірочний розрахунок продуктивності пластикатора, розрахунки шнека на жорсткість і міцність, розрахунок матеріального циліндра, розрахунок напруг від дії тиску та тепловий розрахунок пластикатора.

Розрахунок проводимо для ТПА, на якому буде виготовлятись виріб , що має об'єм $V=250 \text{ мм}^3$.

5.1 Розрахунок тривалості циклу та проектної продуктивності машини

Розрахунок складових циклу[12]:

Час охолодження виробу:

$$\tau_{\text{ох}} = \frac{0,084 \cdot \delta^2}{a} \lg \left(0,785 \cdot \frac{T_{\text{вир}} - T_{\text{фор}}}{T_{\text{інж}} - T_{\text{фор}}} \right), \quad (5.1.)$$

де δ – товщина виробу;

a – коефіцієнт теплопровідності;

$T_{\text{фор}}$ - температура форми;

$T_{\text{вир}}$ - температура виробу;

$T_{\text{інж}}$ - температура розплаву в момент заповнення форми;

$$\begin{aligned} \tau_{\text{ох}} &= \frac{0,084 \cdot \delta^2}{a} \lg \left(0,785 \cdot \frac{T_{\text{вир}} - T_{\text{фор}}}{T_{\text{інж}} - T_{\text{фор}}} \right) = \\ &= \frac{0,084 \cdot 0,005^2}{1,12 \cdot 10^{-7}} \lg \left(0,785 \cdot \frac{180 - 50}{75 - 50} \right) = 12 \text{ с} \end{aligned} \quad (5.2.)$$

Час вприску :

$$\tau_{\text{впр}} = \frac{h}{V_{\text{інж}}}, \quad (5.3.)$$

де h – величина ходу черв'яка, або та відстань на яку відійшов шнек при наборі дози. Згідно з [13] приймається $h=(1...3) D$

$V_{\text{інж}}$ - швидкість інжекції, яка не повинна перевищувати 0,05м/с;

Тоді:

$$\tau_{\text{впр}} = \frac{h}{V_{\text{інж}}} = \frac{0,1}{0,05} = 2 \text{ с} \quad (5.4.)$$

Час змикання (розмикання) форми:

$$\tau_{\text{зм}} = \tau_{\text{розм}} = \frac{H_{\text{ходу}}}{V}, \quad (5.5.)$$

де $H_{\text{ходу}}$ - відстань між пів формами;

V - швидкість руху плити, згідно з [13] $V_{\text{max}} = 0,25 \text{ м/с}$

$$\tau_{\text{зм}} = \tau_{\text{розм}} = \frac{H_{\text{ходу}}}{V} = \frac{0,45}{0,15} = 3 \text{ с} \quad (5.6.)$$

Час охолодження литника:

$$\tau_{\text{ох.литн}} = \frac{R_{\text{л}}}{5,76 \cdot a} \cdot 2,31 \cdot \lg \cdot \frac{1,6 \cdot (T_{\text{л}} - T_{\text{ф}})}{T_{\text{вир}} - T_{\text{ф}}}, \quad (5.7.)$$

Де $R_{\text{л}}$ - радіус литника;

α – коефіцієнт температуропровідності полімеру;

$$\begin{aligned}\tau_{\text{ох.литн}} &= \frac{R_{\text{л}}}{5,76 \cdot \alpha} \cdot 2,31 \cdot \lg \cdot \left(\frac{1,6 \cdot (T_{\text{л}} - T_{\text{ф}})}{T_{\text{вир}} - T_{\text{ф}}} \right) = \\ &= \frac{0,004^2}{5,76 \cdot 1,12 \cdot 10^{-7}} \cdot 2,31 \cdot \lg \left(\frac{1,6 \cdot (180 - 50)}{75 - 50} \right) = 8\text{с}\end{aligned}\quad (5.8.)$$

Час підводу сопла:

$$\tau_{\text{с}} = \frac{S_{\text{підв}}}{V_{\text{підв}}}, \quad (5.9.)$$

де, $S_{\text{підв}}$ - відстань від форми до сопла:

$$\tau_{\text{с}} = \frac{S_{\text{підв}}}{V_{\text{підв}}} = \frac{0,28}{0,16} = 2\text{с} \quad (5.10.)$$

Загальний час циклу:

$$\begin{aligned}\tau &= \tau_{\text{ох}} + \tau_{\text{впр}} + 2 \cdot \tau_{\text{зм}} + \tau_{\text{ох.литн}} + \tau_{\text{с}} + \tau_{\text{очистки}} = \\ &= 12 + 2 + 6 + 8 + 2 + 1 = 31\text{с}\end{aligned}\quad (5.11.)$$

Час пластикації:

$$\begin{aligned}\tau_{\text{пл}} &= \tau_{\text{ц}} - \tau_{\text{впорск}} - \tau_{\text{ох}} - \tau_{\text{зм}} = \\ &= 31 - 2 - 8 - 1 - 3 = 17\text{с}\end{aligned}\quad (5.12.)$$

Проектно-вагова продуктивність:

$$\Pi = \frac{V \cdot \gamma}{\tau_{пл}} \cdot 3600 = \left(\frac{250 \cdot 10^{-6} \cdot 1050}{17} \right) \cdot 3600 = 45 \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (5.13.)$$

5.2 Розрахунок механізму пластикації

Параметричний розрахунок механізму пластикації проведено згідно методики [14].

1. Діаметр шнека як функція об'єму відливки визначається за формулою:

$$D_1 = \left[\frac{V \cdot k}{0,785 \cdot k_1} \right]^{1/3} = \left[\frac{250 \cdot 10^{-6} \cdot 1,3}{0,785 \cdot 2,2} \right]^{1/3} = 0,058 \text{ мм} \quad (5.14.)$$

де k - коефіцієнт що враховує витрати та стиснення полімеру при упорскуванні, згідно з [14] $k = 1,3$;

$k_1 = 2,2$ - відношення ходу шнека до діаметру;

2. Визначаємо діаметр шнека по D_3 :

$$D_3 = \left[\frac{P_{\text{сд}} \cdot D_{n1}^2}{P_l} \right]^{1/2} = \left[\frac{5 \cdot 10^6 \cdot 0,320^2}{150 \cdot 10^6} \right]^{1/2} = 0,058 \text{ м} \quad (5.15.)$$

Приймаємо діаметр шнека з ряду стандартних значень [15] $D = 60 \text{ мм}$

3. Хід шнека:

$$H_{III} = \left[\frac{4 \cdot V_p}{\pi \cdot D_H^2} \right]^{1/2} = \left[\frac{4 \cdot 0,25 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 0,06^2} \right]^{1/2} = 0,094 \text{ м} \quad (5.16.)$$

Приймаємо хід поршня $H = 95 \text{ мм}$

4. Потужність приводу :

$$N = 0,736 \cdot c \cdot D^m = 0,736 \cdot 0,15 \cdot 60^{2,5} = 6,08 \text{ кВт} \quad (5.17.)$$

5. Крутний момент шнека:

$$M_{\text{кр}} = \frac{9,55 \cdot N}{n_{\text{ср}}} = \frac{9,55 \cdot 6,8 \cdot 10^3}{80} = 812 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (5.18.)$$

6. Крутний момент на валу гідро двигуна:

$$M_{\text{гд}} = \frac{M_{\text{кр}}}{i \cdot \eta_{\text{п}}} = \frac{812}{20 \cdot 0,95} = 42,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (5.19.)$$

де $i = 20$ – передаточне відношення;
 $\eta_{\text{п}} = 0,95$ – ККД механічної передачі

по $M_{\text{гд}}$ вибираємо модель двигуна, де номінальний крутний момент:

$$M_{\text{гд}} = 50 \text{ Н} \cdot \text{м}, n_{\text{max}} = 1500 \text{ об/хв} \quad (5.20.)$$

7. Продуктивність двигуна :

$$q_{\text{гд}} = \frac{\bar{q}_{\text{гд}} \cdot n_{\text{гд}}}{60} = \frac{70 \cdot 10^{-6} \cdot 1200}{60} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} \quad (5.21.)$$

де $\bar{q}_{\text{гд}}$ – подача робочої рідини за один оберт насоса, $\bar{q}_{\text{гд}} = 70 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{об}$

8. Визначаємо подачу насоса який живить гідро двигун:

$$q_H = \frac{\bar{q}_{гд}}{\eta_{об.гд}} = \frac{1,4 \cdot 10^{-3}}{0,98} = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

де $\eta_{об.гд}$ - об'ємний ККД гідро двигуна.

9. Потужність насоса:

$$N_H = \frac{P_{гд} \cdot q_H}{\eta} = \frac{5 \cdot 10^6 \cdot 1,43 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 0,7} = 12,77 \text{ кВт} \quad (5.22.)$$

де $P_{гд}$ – номінальний тиск, $P_{гд} = 5 \text{ МПа}$

η – загальний ККД системи;

10. Частота обертання вала ГД під навантаженням:

$$n_{гд.ф} = n_{гд.0} (1 - C) = 1200(1 - 0,05) = 1140 \text{ об/хв} \quad (5.23.)$$

де $n_{гд.0}$ – частота обертання ГД без навантаження
C - жорсткість роботи ГД

11. Потужність гідро двигуна:

$$N_{гд} = \frac{M_{гд} \cdot n_{гд.ф}}{9,55} = \frac{43 \cdot 1140}{9,55} = 5,13 \text{ кВт} \quad (5.24.)$$

12. По тиску $P=5 \text{ Мпа}$ и продуктивності $q_H = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ вибираємо лопатевий насос типу 8Г12-25А. Його характеристики:

$$q_H \text{ до } 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \text{с}$$

$$P=6,5 \text{ Мпа.}$$

13. Потужність електродвигуна вибраного насоса:

$$N_H = \frac{P \cdot q_H}{\eta} = \frac{6,5 \cdot 10^6 \cdot 1,67 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 0,7} = 19,36 \text{ кВт} \quad (5.25.)$$

5.3 Розрахунок геометричних параметрів шнека

Вихідні дані: діаметр шнека $D = 60 \text{ мм}$, загальна довжина шнека $l = 20 \cdot D \text{ мм}$, матеріал що перероблюється – поліетилен. Розрахункова схема шнека зображена на рисунку 1.1.

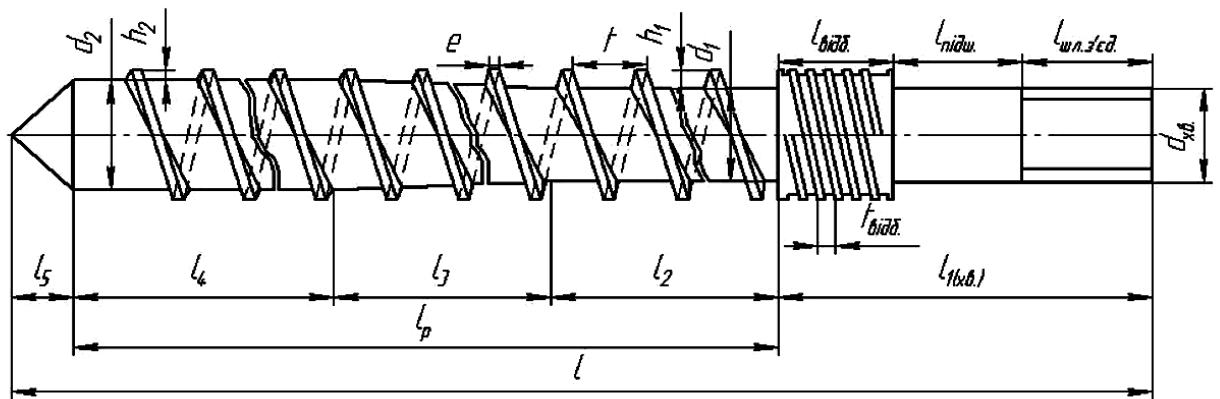


Рис.1.1. Розрахункова схема шнека

1. Загальна довжина шнека:

$$l = 20 \cdot D = 20 \cdot 60 = 1200 \text{ мм.} \quad (5.26.)$$

2. Довжина робочої частини :

$$l_p = 16,5 \cdot D = 16,5 \cdot 60 = 990 \text{ мм.} \quad (5.27.)$$

3. Довжина зони завантаження :

$$l_2 = (4 \dots 8) \cdot D, \quad (5.28.)$$

Приймаємо

$$l_2 = 4 \cdot D = 4 \cdot 60 = 240 \text{ мм.} \quad (5.29.)$$

4. Довжина зони стиснення:

$$l_3 = (2 \dots 4) \cdot D, \quad (5.30.)$$

Приймаємо

$$l_3 = 4 \cdot D = 4 \cdot 60 = 240 \text{ мм.} \quad (5.31.)$$

5. Довжина зони дозування :

$$l_4 = (3 \dots 8) \cdot D, \quad (5.32.)$$

Приймаємо

$$l_4 = 8,5 \cdot D = 8,5 \cdot 60 = 510 \text{ мм.} \quad (5.33.)$$

6. Ширина гребня витка :

$$e = (0,06...0,12) \cdot D, \quad (5.34.)$$

Приймаємо

$$e = 0,09 \cdot D = 0,09 \cdot 60 = 5,4 \text{ мм.} \quad (5.35.)$$

7. Крок гвинтової нарізки :

$$t = (0,8...1,2) \cdot D, \quad (5.36.)$$

Приймаємо

$$t = 0,75 \cdot D = 0,75 \cdot 60 = 44 \text{ мм.} \quad (5.37.)$$

8. Глибина гвинтової нарізки зони завантаження:

$$h_1 = (0,12...0,16) \cdot D, \quad (5.38.)$$

Приймаємо

$$h_1 = 0,15 \cdot D = 0,15 \cdot 60 = 9 \text{ мм.} \quad (5.39.)$$

9. Діаметр осердя в зоні завантаження :

$$d_1 = D - 2 \cdot h_1 = 60 - 2 \cdot 9 = 42 \text{ мм.} \quad (5.40.)$$

10.Глибина нарізки в зоні дозування :

$$h_2 = \frac{1}{2} \cdot \left[(D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i}}) \cdot (D - h_1) \right] = \frac{1}{2} \cdot \left[(60 - \sqrt{60^2 - \frac{4 \cdot 9}{2,25}}) \cdot (60 - 9) \right] = 3,8 \text{ мм}, \quad (5.41.)$$

де $i = (1,5 \dots 3)$, приймаємо $i = 2,25$.

11.Діаметр осердя в зоні дозування :

$$d_2 = D - 2 \cdot h_2 = 60 - 2 \cdot 3,8 = 52,4 \text{ мм}. \quad (5.42.)$$

12.Довжина шліцьового з'єднання:

$$l_{\text{шл.з'єд.}} = (1,25 \dots 1,5) \cdot D, \quad (5.43.)$$

приймаємо

$$l_{\text{шл.з'єд.}} = 280 \text{ мм}.$$

13.Довжина підшипнико – циліндричної частини:

$$l_{\text{підш.}} = (1 \dots 2) \cdot D, \quad (5.44.)$$

Приймаємо

$$l_{\text{підш.}} = 1,5 \cdot D = 1,5 \cdot 60 = 90, \text{ мм}. \quad (5.45.)$$

14.Довжина нарізної (відбійної) частини:

$$l_{відб.} = (0,1...0,5) \cdot D, \quad (5.46.)$$

Приймаємо

$$l_{відб.} = 0,3 \cdot D = 0,3 \cdot 60 = 18 \text{ мм}. \quad (5.47.)$$

15. Довжина хвостової частини:

$$l_{1(хв.)} = l_{шл.з'єд.} + l_{підш.} + l_{відб.} = 86,625 + 94,5 + 18,9 = 200,025 \text{ мм}. \quad (5.48.)$$

16. Діаметр хвостової частини приймаємо рівним $d_{хв.} = 44 \text{ мм}$.

17. Крок гвинтової відбійної нарізки:

$$t_{відб.} = (0,08...0,12) \cdot D, \quad (5.49.)$$

приймаємо $t_{відб.} = 0,1 \cdot D = 0,1 \cdot 60 = 6 \text{ мм}$.

18. Зазор між корпусом і черв'яком (гребнями шнека):

$$\delta = (0,002...0,003) \cdot D, \quad (5.50.)$$

приймаємо

$$\delta = 0,0025 \cdot D = 0,0025 \cdot 60 = 0,1575 \text{ мм}. \quad (5.51.)$$

5.4 Розрахунок параметрів поступального руху шнека

1. Визначаємо діаметр поршня гідроциліндра інжекції [1]:

$$D_{II} = \left[\frac{P_{\pi} \cdot D_1^2}{P_{\pi 0}} \right]^{1/2} = \left[\frac{150 \cdot 10^6 \cdot 0,058^2}{5 \cdot 10^6} \right]^{1/2} = 0,317 \text{ м} \quad (5.52.)$$

Приймаємо $D_{II} = 320 \text{ мм}$

2. Фактичний тиск лиття при номінальному значенні діаметра шнека та поршня:

$$P_{\phi} = \frac{P_{\pi 0} \cdot D_{II}^2}{D_H^2} = \frac{5 \cdot 10^6 \cdot 0,320^2}{0,06^2} = 142,22 \text{ МПа} \quad (5.53.)$$

3. Об'єм гідроциліндра інжекції:

$$V = \frac{\pi \cdot D_{II}^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 0,32^2}{4} \cdot 0,095 = 7,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \quad (5.54.)$$

4. Об'ємна швидкість упорскування [15]:

$$Q_{впр.} = K_{сж} \cdot K_{ум1} \cdot \frac{V_{н}}{t_{впр}} = 1,3 \cdot \frac{250 \cdot 10^{-6}}{2} = 1,625 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с} \quad (5.55.)$$

5. Потужність поступального руху шнека:

$$N = \frac{K_{пер} \cdot K_{ум2} \cdot P_{л} \cdot Q_{впр}}{\eta} = \frac{0,75 \cdot 1,05 \cdot 150 \cdot 10^6 \cdot 1,63 \cdot 10^{-4}}{0,9} = 21,4 \text{ кВт} \quad (5.56.)$$

5.5 Перевірочний розрахунок продуктивності пластикатора

Метою є перевірити чи забезпечують раніше розрахункові параметри.

Вихідні дані :Діаметр черв'яка 60мм. , в'язкість блочного полістиролу $\mu=547\text{Па/с}$, діаметр гідроциліндра інжекції $D=320$ мм , глибина гвинтової нарізки $h=4,93$ мм , крок нарізки $t=60\text{мм}$, ширина гребня черв'яка $e=6$ мм, $N=85$ об/хв.

Розрахунок продуктивності пластикатора проведемо по зоні дозування:

$$Q = \frac{\pi D n h (t - e)}{2} - \frac{h^2 (t - e)^2 \cos \phi}{24 \mu} \Delta P - \frac{\pi^3 D^3 \text{tg} \phi \sin \phi}{\mu e L} \Delta P; \quad (5.57.)$$

де ΔP -тиск на виході з зони дозування , визначимо виходячи з величини протидії відходу черв'яка при наборі порції . Черв'як починає відходити коли тиск перед ним перевищує тиск в гідроциліндрі $P_{г.ц} = 0,2\text{МПа}$.

$$\Delta P = P_{г.ц.} * \frac{D_{г.ц.}^2}{D_{чер.}^2} = 0,5 \cdot \frac{320^2}{60^2} = 14,22 \text{ МПа}; \quad (5.58.)$$

$$\begin{aligned} Q &= \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 4,92 \cdot 10^{-3} (60 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3})}{2} - \\ &\frac{(6,5 \cdot 10^{-3})^2 (60 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3})^2 \cos 17}{24 \cdot 547} \cdot 14,22 \cdot 10^6 \\ &- \frac{3,14^3 \cdot (60 \cdot 10^{-3})^3 \text{tg} 17 \sin 17}{547 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 350 \cdot 10^{-3}} \cdot 14,22 \cdot 10^6 = \\ &= 42,05 \text{ кг / год}; \end{aligned} \quad (5.59.)$$

Черв'як відповідає необхідним параметрам і забезпечує необхідну пластикаційну продуктивність.

5.6 Розрахунок черв'яка на міцність

Розрахунок шнека на міцність – перевірка спроектованих на підставі попередніх розрахунків розмірів шнека. Проведемо її по зоні завантаження, так як шнек має тут найменший діаметр.

Вихідні дані:

матеріал шнека: сталь 48ХМЮА;

густина матеріалу: $\rho = 7600 \text{ кг/м}^3$;

$\sigma_{пл.} = 300 \text{ МПа}$;

Діаметр осердя черв'яка в зоні завантаження: $d_1 = 44 \text{ мм}$,

тиск при видавлюванні матеріалу: $P_{інж.} = 200 \text{ МПа}$.

1. Обертальний момент:

$$M_{об} = \frac{9549N}{n} = \frac{9549 \cdot 25}{2,5} = 9549 \text{ Нм} \quad (5.60.)$$

2. Осьове зусилля:

$$P_{ос} = \frac{2M}{D} \operatorname{tg} \phi = \frac{2 \cdot 9549}{0,045} 0,3 = 92680 \text{ Н} \quad (5.61.)$$

3. Розподілене навантаження від власної ваги:

$$G = \frac{\pi(D - d_0)}{4} \rho l_p = \frac{3,14(0,060 - 0)}{4} 7800 \cdot 0,945 = 14,95 \text{ кг} \quad (5.62.)$$

$$g = \frac{9,8 \cdot G}{l_p} = \frac{9,8 \cdot 14,95}{1,039} = 130,6 \text{ Н/м} \quad (5.63.)$$

4. Площа небезпечного перерізу:

$$F_{\text{пер}} = \frac{\pi d_1^2}{4} (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 \cdot 0,06^2}{4} (1 - 0^2) = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (5.64.)$$

де α —відношення діаметра стрижня шнека і внутрішнього охолоджувального каналу в небезпечному перерізі:

5. Осьовий момент опору:

$$W = \frac{\pi d_1^3}{32} (1 - \alpha^3) = \frac{3,14 \cdot 0,06^3}{32} (1 - 0^3) = 1,53 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \quad (5.65.)$$

6. Дотичні напруження:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W} = \frac{95490}{0,000024} = 397 \text{ МПа} \quad (5.66.)$$

7. Полярний момент інерції:

$$I = \frac{\pi d_1^4}{64} (1 - \alpha^4) = \frac{3,14(0,063)^4}{64} (1 - 0) = 0,77 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 \quad (5.67.)$$

8. Найбільший згинальний момент:

$$M_{\text{max}} = \frac{1}{2} g l^2 = \frac{1}{2} 30,6 \cdot 0,945^2 = 14 \text{ Нм} \quad (5.68.)$$

9. Напряга стиску:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F} + \frac{M_{\text{max}}}{W_x} = \frac{92680}{0,003} + \frac{14}{0,000024} = 31,5 \text{ МПа} \quad (5.69.)$$

10.Результати напруження по III-ій теорії міцності:

$$\sigma_{III} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{31,5^2 + 4 \cdot 397^2} = 794 \text{ МПа} \quad (5.70.)$$

11.Запас міцності:

$$n = \frac{\sigma_m}{\sigma_{III}} = \frac{850}{794} = 1,07 \leq [n] = 1,6...2 \quad (5.71.)$$

5.7 Розрахунок шнека на жорсткість.

Поряд з розрахунком на міцність шнека перевіряють на жорсткість. Метою цього розрахунку є перевірка того, чи знаходиться прогин шнека в межах конструкційного зазору.

Максимальний прогин:

$$\delta = \frac{1}{EI} \left[\frac{q}{k^2} \left(\frac{1}{k^2} + \frac{l_p}{2} \right) - \frac{1}{k} \left(\frac{q}{k^2} + A \cdot l_p \right) \cos(k \cdot l_p) - \frac{1}{k^2} \left(\frac{q \cdot l_p}{k} - A \right) \sin(k l_p) \right] \quad (5.72.)$$

де E—модуль пружності, E=2*10⁵ Мпа.

$$k = \sqrt{\frac{P_{oc}}{EI}} = \sqrt{\frac{92680}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,77 \cdot 10^{-6}}} = 0,77 \quad (5.73.)$$

$$A = \frac{q \left[l_p - \frac{1}{k} \sin(k l_p) \right]}{k \cdot \cos(k l_p)} = \frac{30,6 \left[0,985 - \frac{1}{0,77} \sin(0,77 \cdot 0,985) \right]}{0,77 \cdot \cos(0,77 \cdot 0,985)} = 38,45 \quad (5.74.)$$

Максимальний прогин дорівнює:

$$\delta = \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,77 \cdot 10^{-6}} \left[\frac{30,6}{0,77^2} \left(\frac{1}{0,77^2} + \frac{0,985}{2} \right) - \left[-\frac{1}{0,77} \left(\frac{0,985}{0,77^2} + 38,45 \cdot 0,985 \right) \cos(0,77 \cdot 0,985) - \right] \right] \quad (5.75.)$$

прогин в межах допустимого.

5.8 Перевірка шнека на стійкість.

Критичну силу визначаємо за формулою Ейлера [16]:

$$P(KP) = \frac{\pi^2 * E * I(MIN)}{4 * L^2}, \quad (5.76.)$$

$$P(KP) = \frac{\pi^2 * 2.1 * 10^6 * 1185}{4 * 328^2} = 57015 \text{ кг.} \quad (5.77.)$$

$$P(KP) \geq P. \quad (5.78.)$$

Умова стійкості шнека.

$$\sigma [\sigma](Y), \quad (5.79.)$$

$$\sigma(ст.) = \frac{P}{F(MIN)}, \quad (5.80.)$$

де $P=49062$ кг – максимальне осьове зусилля, що розвивається матеріальним циліндром;

$$\sigma(\text{ст.}) = \frac{49062}{67.9} = 722 \text{ кг/см}^2 = 72 \text{ Мпа.} \quad (5.81.)$$

Допустиме напруження на стійкість дорівнює

$$[\sigma](Y) = \phi * [\sigma], \quad (5.82.)$$

де $\phi = 0.19$ – коефіцієнт зниження напруження;

$[\sigma]$ – основне допустиме напруження на стійкість ;

$$[\sigma] = \frac{\sigma(B)}{N(Y)}, \quad (5.83.)$$

$N(Y) = 2$ – коефіцієнт запасу на стійкість.

$$[\sigma](Y) = 0.19 * \frac{1000}{2} = 95 \text{ Мпа.} \quad (5.84.)$$

$\sigma[\sigma](Y)$. Шнека стійкий.

Визначимо напруження в шнеку від дії розподіленого навантаження.

Максимальний згинаючий момент визначаємо [17].

$$M(\text{MAX}) = \frac{G * L1^2}{2} = \frac{Q * L1}{2}, \quad (5.85.)$$

$$M(\text{MAX}) = \frac{289 * 324}{2} = 47396 \text{ кг*см} = 4739 \text{ Н*м.}$$

Напруження згину визначаємо за формулою.

$$\sigma(3) = \frac{M}{W}, \quad (5.86.)$$

$$\sigma(3) = \frac{47396}{76.2} = 622 \text{ кг/см}^2 = 62 \text{ Мпа.}$$

Еквівалентне напруження дорівнює:

$$\sigma(\text{екв.}) = \sigma(\text{ст.}) + \sigma(3),$$

$$\sigma(\text{екв.}) = 722 + 622 = 1344 \text{ кг/см}^2 = 134 \text{ Мпа.} \quad (5.87.)$$

Допускаєме напруження розтягу для Сталі 40ХН2МА;
 $[\sigma] = 200 \text{ Мпа.}$

$$\sigma(\text{екв.}) < [\sigma].$$

Умова міцності виконується.

5.9 Розрахунок матеріального циліндра

Розрахунок матеріального циліндра ТПА проводиться як для товстостінного циліндра [17].

Розрахунок напруг від дії тиску .

Вихідні дані :

Внутрішній радіус корпусу $R_b = 30 \text{ мм}$;

Зовнішній радіус корпусу $R_H = 65,5 \text{ мм}$;

Тиск лиття $P = 200 \text{ Мпа.}$

Матеріал : 1Х17Н2 з $\sigma_T = 750 \dots 850 \text{ Мпа}$ та твердістю за HRA 82-86

1.Радіальна напруга :

$$\sigma_r^p = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \left(1 - \frac{R_H^2}{r^2} \right); \quad (5.88.)$$

де r -поточни радіус ,

$r = R_b$ -при максимальному значенні радіального тиску .

$$\sigma_r^{p \max} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \left(1 - \frac{R_H^2}{R_b^2}\right) = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 30^2}{65.5^2 - 30^2} \left(1 - \frac{65.5^2}{30^2}\right) = -149 \text{ МПа}; \quad (5.89.)$$

$$\sigma_r^{p \min} = \frac{P^* R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \left(1 - \frac{R_H^2}{R_h^2}\right) = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 30^2}{65.5^2 - 30^2} \left(1 - \frac{65.5^2}{65.5^2}\right) = 0 \text{ МПа}; \quad (5.90.)$$

2. Тангенціальна напруга :

$$\sigma_\tau^{p \max} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \left(1 + \frac{R_H^2}{R_b^2}\right) = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 30^2}{65.5^2 - 30^2} \left(1 + \frac{65.5^2}{30^2}\right) = 186,3 \text{ МПа}; \quad (5.91.)$$

$$\sigma_\tau^{p \min} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \left(1 + \frac{R_H^2}{R_b^2}\right) = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 30^2}{65.5^2 - 30^2} \left(1 + \frac{65.5^2}{30^2}\right) = 170 \text{ МПа}; \quad (5.92.)$$

3. Осьова напруга :

$$\sigma_z^{\max} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 30^2}{65.5^2 - 30^2} = 85,59 \text{ МПа}; \quad (5.93.)$$

$$\sigma_z^{\min} = \frac{P \cdot R_H^2}{R_H^2 - R_b^2} = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 65.5^2}{65.5^2 - 30^2} = 125 \text{ МПа}; \quad (5.94.)$$

4. Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{(\sigma_r - \sigma_\theta)^2 + (\sigma_r - \sigma_z)^2 + (\sigma_\theta - \sigma_z)^2} =$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{(149 - 186,3)^2 + (149 - 125)^2 + (186 - 125)^2} = 126 \text{ МПа} \quad (5.95.)$$

5.Обертальний момент, що передається від шнека на корпус:

$$M = \frac{M_{\text{max}} \cdot x}{L} = \frac{112 \cdot 0.2}{0.36} = 62 \text{ МПа} \quad (5.96.)$$

де x-відстань від сопла до перерізу, що розглядається;

L-довжина корпусу.

Всі напруження в межах допустимого.

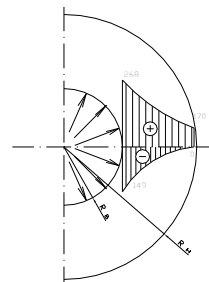


Рис.1.3 Розподілення тангенційних та радіальних напружень по товщині корпусу.

Розрахунок температурних напруг

Вихідні дані : Внутрішній радіус корпусу $R_v=30\text{мм}$,зовнішній діаметр корпусу $R_z=65,5\text{мм}$, модуль пружності $E=2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, коефіцієнт лінійного розширення $\alpha=1 \cdot 10^{-5} \text{ м/К}$.

1.Радіальна температурна напруга на стінках циліндра:

$$\sigma_r^t = \frac{E\alpha(T_3 - T_B)}{2(1 - \mu)\ln\frac{R_3}{R_B}} \left(\ln\frac{R_H}{r} + \frac{R_B}{R_3^2 - R_B^2} \cdot \left(1 - \frac{R_3^2}{R_B^2}\right) \ln\frac{R_3}{R_B} \right) \quad (5.97.)$$

де $T_3 - T_B = 3 \dots 5^\circ\text{C}$,

$$\begin{aligned} \sigma_r^t &= \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 1 \cdot 10^{-5} \cdot 5}{2(1 - 0,3)\ln\frac{65,5}{30}} \left(\ln\frac{65,5}{30} + \frac{30}{65,5^2 - 30^2} \times \left(1 - \frac{65,5^2}{30^2}\right) \ln\frac{65,5}{30} \right) \\ &= 7,3 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (5.98.)$$

Тангенціальна напруга :

$$\sigma_\tau^t = \frac{E * \alpha(T_3 - T_B)}{2 * (1 - \mu)\ln\frac{R_3}{R_B}} \left(1 - \ln\frac{R_3}{r} - \frac{R_B^2}{R_3^2 - R_B^2} \right) \quad (5.99.)$$

$$\sigma_\tau^{t\max} = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} (4,5 - 1)}{2 \cdot (1 - 0,23)\ln\frac{0,3}{0,205}} \left(1 - \ln\frac{0,3}{0,205} - \frac{0,205^2}{0,4^2 - 0,21^2} \right) \quad (5.100.)$$

$$\sigma_\tau^t = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} (4,5 - 1)}{2 \cdot (1 - 0,23)\ln\frac{0,3}{0,205}} \left(1 - \ln\frac{0,3}{0,3} - \frac{0,205^2}{0,3^2 - 0,205^2} \right) \quad (5.101.)$$

Осьова напруга :

$$\sigma_z^t = - \frac{E \cdot \alpha(T_3 - T_B)}{2 \cdot (1 - \mu)\ln\frac{R_3}{R_B}} \left(1 - 2\ln\frac{R_H}{r} - \right) \quad (5.102.)$$

$$\sigma_z^{tmax} = -\frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} (4,5 - 1)}{2 \cdot (1 - 0,23) \ln \frac{0,3}{0,205}} \left(1 - 2 \ln \frac{0,3}{0,205} - \frac{2 \cdot 0,205^2}{0,3^2 - 0,205^2} \cdot \ln \frac{0,3}{0,205}\right) \quad (5.103.)$$

$$= 0,41 \text{ МПа};$$

$$\sigma_z^{tmin} = -\frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} (4,5 - 1)}{2 \cdot (1 - 0,23) \ln \frac{0,3}{0,205}} \left(1 - 2 \ln \frac{0,3}{0,3} - \frac{2 \cdot 0,205^2}{0,3^2 - 0,205^2} \cdot \ln \frac{0,3}{0,205}\right) \quad (5.104.)$$

$$= -0,23 \text{ МПа};$$

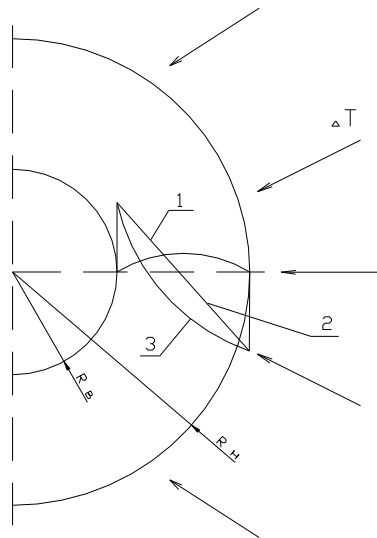


Рис.1.4. Напруження від перепаду температур 1- σ_z ; 2- σ_r ; 3- σ_θ

Сумарні напруги :

Радіальна:

$$\sigma_r = \sigma_r^p + \sigma_r^t; \quad (5.105.)$$

$$\sigma_r = -149 + 7,3 = -141,7 \text{ МПа}; \quad (5.106.)$$

$$\sigma_r = 0 + 7,3 = 7,3 \text{ МПа}; \quad (5.107.)$$

Тангенціальні напруги :

$$\sigma_{\tau} = \sigma_{\tau}^p + \sigma_{\tau}^t; \quad (5.108.)$$

$$\sigma_{\tau} = 268,3 - 0,55 = 267,75 \text{ МПа}; \quad (5.109.)$$

$$\sigma_{\tau} = 170 - 3,36 = 166,64 \text{ МПа}; \quad (5.110.)$$

Осьова напруга :

$$\sigma_z = \sigma_z^p + \sigma_z^t; \quad (5.111.)$$

$$\sigma_z = 85,59 + 0,41 = 86 \text{ МПа}; \quad (5.112.)$$

$$\sigma_z = 125 - 0,23 = 119,77 \text{ МПа}; \quad (5.113.)$$

Сумарне напруження знайдемо за четвертою теорією міцності :

$$\begin{aligned} \sigma_{\Sigma} &= \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_1 \sigma_3 - \sigma_2 \sigma_3} [\sigma] = \\ &= \sqrt{149^2 + 267,75^2 + 119,77^2 - 149 * 267,75 - 109 * 119,77 -} \\ &\quad \overline{267,75 * 119,77} = 98,69 \text{ МПа} \leq 850 \text{ МПа}; \end{aligned} \quad (5.114.)$$

Умови міцності виконуються.

5.10 Тепловий розрахунок

Розрахунок проводимо згідно [19]:

Метою теплового розрахунку є перевірка системи теплообміну машини за сталої роботи. Для цього використовуємо рівняння теплового балансу:

$$G_M \cdot C_{МП} \cdot t_m + Q_N + Q_{HK} + C_{ХП} \cdot t_{ХП} = G_M \cdot C_{МК} \cdot t_{МК} + G_X \cdot C_{ХК} \cdot t_{ХК} + Q_{\epsilon}, \quad (5.115)$$

G_M - вагова продуктивність машини, $G_M = 45 \text{ кг/год}$;

$C_{МП}$ - теплоємність матеріалу на початку розплавлення,

$$C_{MH} = 2,09 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C};$$

Q_N - потужність машини, перетворена в теплоту, Вт;

Q_{IE} - потужність нагрівачів, Вт;

$C_{ХП}$ - питома теплоємність охолоджувальної рідини в прес-формі на вході охолоджувальної ділянки, $\text{кгДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$;

$t_{ХП}$ - початкова температура рідини для охолодження, $t_{ХП} = 20^\circ\text{C}$;

$C_{МК}$ - теплоємність матеріалу в кінці розплавлення, $C_{МК} = 2,85 \text{ кгДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$;

G_X - витрати рідини для охолодження машини, Вт;

$C_{ХК}$ - питома теплоємність охолоджувальної рідини на виході з охолоджувальної ділянки, $\text{кгДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$;

$t_{ХК}$ - кінцева температура рідини для охолодження, $t_{ХК} = 21,5^\circ\text{C}$;

Q_{ϵ} - витрати теплоти корпусом та головкою машини в навколишнє середовище, Вт.

Складові теплового балансу визначають згідно [20].

1. Теплота від перетворення потужності двигуна

$$Q_N \approx N = 6,36 \text{ кВт} \quad (5.116.)$$

де N - потужність двигуна черв'ячної машини, кВт, $N = 6,36 \text{ кВт}$.

2. Витрати теплоти корпусом машини в навколишнє середовище:

$$Q_6 = F \cdot \alpha_6 \cdot (t_{II} - t_C) = 0,62 \cdot 14,5 \cdot (190 - 75) = 1,03 \text{ кВт}, \quad (5.117.)$$

де α_6 - інтенсивність тепловіддачі вільною конвекцією від корпусу до повітря, $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$; t_{II}, t_C - температура відповідно зовнішньої поверхні ізолюваного корпусу і навколишнього середовища; F - площа зовнішньої поверхні корпусу, м^2 :

3. Витрати рідини знайдемо з рівняння теплового балансу:

$$G_X = \frac{Q_N - G_M C_M (t_{MK} - t_{МП}) - Q_{BT}}{\overline{C}_X \cdot (t_{XK} - t_{XP})} = \frac{16,36 - 91,19 \cdot 2,09 \cdot (190 - 75) - 1,03}{4,221 \cdot (20 - 21,5)} = 1,523 \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad (5.118.)$$

де \overline{C}_X - середнє значення питомої теплоємності води, $\overline{C}_X = 4,221 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

4. Кількість теплової енергії, яка відводиться охолоджувальною рідиною;

$$Q_X = G_X \cdot C_X \cdot (t_{XK} - t_{XP}) = 1,523 \cdot 4,221 \cdot (21,5 - 20) = 9,64 \text{ кВт}. \quad (5.119.)$$

$$G_X = 3600 \cdot f \cdot v \cdot \rho, \quad (5.120.)$$

де f - площа перерізу каналу, м^2 ,

$$f = n \cdot s \cdot h \cdot \cos \varphi = 2 \cdot 0,02 \cdot 0,0255 \cdot \cos 14^\circ = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2, \quad (5.121.)$$

де n - кількість заходів спіралі, $n=2$; s, h - відповідно ширина та висота каналу, $s=0,02\text{м}, h=0,0255\text{м}$, φ - кут нахилу спіралі, $\varphi=14^\circ$, ρ - густина охолоджувальної рідини, v - швидкість руху охолоджувальної рідини між кожухом і корпусом.

5.Визначимо швидкість руху рідини

$$v = \frac{G_x}{f \cdot 3600} = \frac{1,523}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 3600} = 0,42 \text{ м/с}. \quad (5.122.)$$

6.Визначимо критерій Рейнольдса для розв'язання критеріального рівняння конвективного теплообміну в каналі охолодження:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d_{\text{екв.}}}{\nu} = \frac{0,42 \cdot 0,0063}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 175,69 < 2300 \quad (5.123.)$$

< 2300-ламінальний режим згідно з [19],

де $d_{\text{екв.}}$ - еквівалентний діаметр каналу,

$$d_{\text{екв.}} = \frac{4 \cdot f}{2 \cdot n \cdot \pi \cdot d_k} = \frac{4 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10 \cdot \pi \cdot 0,01} = 0,0063 \text{ м}. \quad (5.124.)$$

7.Коефіцієнт тепловіддачі вимушеною конвекцією можна знайти за допомогою критеріального рівняння:

$$\text{Nu} = 0,17 \text{Re}^{0,33} \text{Gr}^{0,1} \text{Pr}^{0,43} \left(\frac{\text{Pr}_p}{\text{Pr}_{cm}} \right)^{0,25} \quad (5.125.)$$

де Nu , Gr , Pr - відповідно критерії Нусельта, Грасгофа та Прандтля при температурі потоку та стінки відповідно.

8.Критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{g \cdot d_{екв.}^3}{\nu^2} \cdot \beta \cdot \Delta t = \frac{9,81 \cdot (0,01)^3}{(59,9 \cdot 10^{-2})^2} \cdot 2,65 \cdot 10^{-3} \cdot (190 - 75) = 1,32 \cdot 10^{-5}, \quad (5.26.)$$

де g - прискорення вільного падіння;

ν - кінематична в'язкість води, $\nu = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;

- коефіцієнт об'ємного розширення, $\beta = 4,12 \cdot 10^{-4} \text{ 1/K}$;

β де t_0 - визначальна температура, $t_0 = \frac{t_{к.зоб.} + t_0'}{2} = \frac{70 + 20}{2} = 45^\circ \text{C}$,

Pr – критерій Прандтля, $Pr_p = 7,02$, $Pr_{cm} = 2,55$

Знаходимо критерій Нусельта:

$$Nu = 0,17 Re^{0,33} Gr^{0,1} Pr_p^{0,43} \left(\frac{Pr_p}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} = 0,17 (175,69)^{0,33} (1,32 \cdot 10^{-5})^{0,1} (7,02)^{0,43} \left(\frac{7,02}{2,55} \right)^{0,25} = 26,15$$

Тепер з критерію Нусельта знайдемо Коефіцієнт тепловіддачі від полімеру до стінки:

$$\alpha_s = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_{екв.}} = \frac{26,15 \cdot 59,4 \cdot 10^{-2}}{0,01} = 1566,38 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (5.127.)$$

λ - коефіцієнт теплопровідності охолоджувальної рідини за визначальної температури, $\lambda = 59,4 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$,

9.Розрахунковий коефіцієнт тепловіддачі від поверхні корпусу завантажувальної горловини до охолоджувальної рідини:

$$\alpha_{ep} = \alpha_e \cdot \varepsilon_L \cdot \varepsilon_R = 1566,38 \cdot 1,07 \cdot 1,86 = 3117,4 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot \text{K}, \quad (5.128.)$$

де ε_L - поправка на вплив вхідної ділянки, $\varepsilon_L = f\left(\frac{l}{d_{екв.}}, \text{Re}\right)$, $\varepsilon_L = 1,07$ при $\frac{l}{d_{екв.}} = 31$,

ε_R - поправка на кривизну каналу, $\varepsilon_R = 1 + 1,77 \cdot \frac{2 \cdot d_{екв.}}{D_c} = 1 + 1,77 \cdot \frac{2 \cdot 0,0063}{0,092} = 1,86$.

10. Коефіцієнт теплопередачі від розплаву полімеру через сталеву стінку:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta}{\lambda_{ст.}} + \frac{1}{\alpha_{ep}}} = \frac{1}{\frac{1}{1566,38} + \frac{0,03}{42,95} + \frac{1}{3117,4}} = 711,1 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot \text{K}. \quad (5.129.)$$

де δ - товщина оболонки; α_m - інтенсивність тепловіддачі полімерного розплаву; δ - товщина стінки; $\lambda_{ст.}$ - коефіцієнт теплопровідності сталі, $\lambda_{ст.} = 42,95 \text{ Bm} / (\text{m} \cdot \text{K})$.

11. Загальна кількість теплоти, що відводиться за рахунок теплопередачі:

$$Q_{заг} = Q_x + Q_6 = 9,64 + 1,03 = 10,67 \text{ кВт}. \quad (5.130.)$$

12. Необхідна потужність нагрівачів на корпусі повинна складати:

$$Q_{нк} = Q_{заг} - Q_N = 10,67 - 1,36 = 9,41 \text{ кВт} \quad (5.131.)$$

Потрібно застосувати 4 нагрівачі потужністю 2,5 кВт.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Відповідно до закону України про охорону праці для обслуговуючого персоналу працюючого на обладнанні необхідно розробити безпечні не шкідливі умови праці на підприємствах.

Ці умови включають раціональне використання площі виробничих приміщень та місць розташування обладнання, вірну експлуатацію обладнання і організацію технологічних процесів, захист працюючих від впливу шкідливих умов праці, додержання в виробничих приміщеннях, місцях розташування обладнання та на робочих місцях санітарно-гігієнічних норм та правил [21].

У данному дипломному проєкті розроблено термопластавтомат з модернізацією механізмів притискання та пластикації.

Установку параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор. Кімната оператора управління знаходиться в приміщенні. Розміри приміщення: площа $S=1800\text{м}^2$, об'єм $V=7200\text{м}^3$. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб на стадії проєктування намітити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу. При проєктуванні нової техніки повинні цілком враховуватися вимоги діючого законодавства по охороні праці.

Нижче розглядаються такі небезпечні і шкідливі виробничі фактори, які впливають на оператора, що знаходиться біля пульта керування у операторській:

- повітря робочої зони;
- виробничий шум, вібрація;
- частини машини що рухаються й обертаються ;
- небезпека враження електричним струмом;
- надзвичайні ситуації.

6.1 Повітря робочої зони

Робота оператора, який обслуговує обертову машину відноситься до категорії легких фізичних робіт згідно ГОСТ 12.1.005-88/98 з енерговитратами 630 Кдж/год.

У операторській встановлена загально-обмінна вентиляція за допомогою механічної витяжки для приточування повітря. Вхідне повітря від пилу фільтрується за допомогою скрубера. У цій системі повітря подається в приміщення вентиляцією приточування, а віддаляється витяжкою, що працюють одночасно. Приток повітря проводиться в робочу зону, а витяжка - — верхньої зони приміщення ділянки.

Для забезпечення допустимих значень температур на робочому місці оператора необхідно встановити кондиціонер.

По санітарних нормах, що діють, температура нагрітих поверхонь устаткування і огорожі на робочих місцях не повинна перевищувати 45 °С. Для захисту працівників від теплового випромінювання застосовують захисні екрани.

Гранично допустима концентрація пилу в повітрі, де не виявлено SiO_2 у вільному вигляді, складає 6 мг/м³. Для запобігання забруднення повітря робочої зони встановлюються системи фільтрів і циклонів, а також проектується герметичні конструкції завантажувального і розвантажувального кінців машини, що дозволяє довести запиленість повітря до санітарної норми – 0,1мг/м³ згідно ГОСТ 12-1-005-88/98.

6.2 Виробничий шум

Шум, який створюється при роботі машини та іншого устаткування лінії, постійний [22]. Основними джерелами шуму при роботі є вали та черв'яки, що обертаються, електродвигуни та інше устаткування. За своєю природою шум у даному випадку механічний та гідроаеродинамічний. Згідно нормам шуму для виробничих приміщень рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБА.

Зниження шуму досягається шляхом шумопоглинання. Для цього використовують облицювання з перфорованим покриттям та плит. Щоб досягнути максимального ефекту використання шумопоглинаючого покриття, вкриваємо ним не менше 60% внутрішньої площі. Вихлопні патрубки насосів з'єднані з герметичним каналом, який забезпечує ізоляцію шуму вихлопа.

Звукоізолююча здатність дверного проїому приміщення повинна бути не нижче 30 дБА.

Стіни і перекриття цього приміщення забезпечені звукоізолюючим облицюванням з коефіцієнтом звукопоглинання не нижче 0,7 і мають звукоізолюючу здатність не нижче 50 дБА.

Для зменшення шуму елементів, що обертаються, необхідно слідкувати за рівнем мастила в підшипникових вузлах.

Після проведення даних заходів величина загальної вібрації на робочих місцях при працюючій машині не перевищуватиме гігієнічних норм, встановлених ДСН 3.3.6.037-99 „Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації”.

6.3 Промислове освітлення

При недостатньому освітленні робочого місця виникає велика вірогідність травмування працівників.

Для цеху висотою до 6 м, в якому знаходиться лінія, передбачено природне і штучне освітлення. Для штучного освітлення найбільш підходять лампи денного освітлення типу ЛД, мають більшу світову віддачу лампи накаливання (до 75 лм/вт), та більший термін використання (8-12 тис. год.). Світильники штучного освітлення мають бути розташовані так, щоб забезпечувались надійність їх закріплення, безпечність, зручність обслуговування і необхідне освітлення з урахуванням його рівномірності.

У всіх виробничих приміщеннях має бути передбачено робоче і аварійне освітлення. Аварійне освітлення має забезпечувати спостереження за роботою під час раптового відключення робочого освітлення. Для внутрішнього освітлення

апарату під час його огляду і ремонту необхідно використовувати переносні світильники у вибухозахищеному виконанні під напругою не більше 12 В, захищені металевою сіткою.

У відповідності до норм освітленості для даного обладнання та четвертого розряду зорових робіт нормоване значення освітлення $E_n = 200$ лк, коефіцієнт запасу $k = 1,8$ по СН П П-4-79.

Для освітлення приміщення використовуються:

світильники:

- тип світильника: РСП 05-250/Г 03;
- тип лампи: ДРЛ;
- потужність: 250 Вт ;
- кількість 10 штук.
- Загальною освітленістю $E = 103$ лк.

Загальна освітленість дорівнює, лк:

$$E_0 = \Sigma E \quad (6.1.)$$

$$E_0 = 420.6 + 103.5 = 524.1 \text{ лк}$$

Фактична освітленість відповідає нормам ДБНВ 2.5-28-2008

6.4 Вібрація

До джерел вібрації у даному випадку належать електродвигуни й обертові частини машини. Посилення вібрації відбувається за рахунок неточності установки обертових частин; через нещільність з'єднання корпусів обертових частин до фундаменту. У даному випадку спостерігається загальна вібрація, що передається через опори на оператора. Робітник мало піддається вібрації, тому, що він знаходиться далеко від опор машини. Він знаходиться біля пульта керування, тому загальна вібрація не впливає конкретно на нього.

Для зниження вібрації прийняті наступні міри:

- застосовуємо масляні ванни;
- застосовуємо додаткові ребра жорсткості;

Так як спостерігається, в основному, вібрація низьких і середніх частот, то покриття корпусів редукторів приймаємо тверді, металеві на основі

- алюмінію й міді;
- віброгашення, що здійснюється за рахунок установки агрегатів на фундаменті.

Покриття особливо відповідальних частин дорівнює 0,005мм, не особливо відповідальних 0,1мм.

Сумарний час роботи в контакті з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни.

Тривалість одноразового безупинного впливу вібрацій не перевищує 15-20 хв, а при такому режимі обідня перерва не менш 40 хв.

Рівень загальної вібрації машини не перевищує 10 ÷ 12дБ, що відповідає ДСН 3.3.6.039-99.

6.5 Небезпека впливу частин машини, що рухаються і обертаються

Механізмами, які обертаються є: корпус машини, вінцева і підвінцева шестерня, завязаті ролики, роликоопори, муфти. Ці механізми є небезпечними, тому, що можливе нанесення механічних травм і можуть викликати людську смерть. З метою запобігання травм встановлені огороження.

Робітники забезпечені індивідуальними засобами захисту:

- комбінезонами групи М – для захисту від механічних пошкоджень;
- спеціальне взуття відповідне до спецодягу;
- засоби захисту рук – рукавиці з бавовни;

Для огороження використовуємо зварені з лозин у виді ґрат екрани.

Обертові механізми двигунів і муфт встановлені в нерухомих кожухах. Вінцева шестерня закрита спеціальним кожухом.

Для аварійної зупинки машини передбачені аварійні пристрої, гідроупори, вимикачі, а на пульті керування - аварійні кнопки.

6.6 Небезпека враження електричним струмом

Виробниче приміщення, у якому встановлений пункт керування машиною для лиття під тиском, відповідно до діючих правил (ПУЕ) відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою поразки людей електричним струмом.

Для живлення установки використовується трифазна напруга $U = 220/380$ В, з частотою $f = 50$ Гц із глухо-заземленою нейтраллю.

Причини враження обслуговуючого персоналу можуть бути наступні:

- помилкове вмикання установки;
- пробій на корпус;
- дотик людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;
- старіння ізоляції і втрата її ізоляційних властивостей;
- дотик до частин установки, що можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання. Трифазні ланцюги згідно “Правилам устрою електроустановок” (ПУЕ), при напрузі до 1000 В приймаються, як трьохпровідні ланцюги з глухо-заземленою нейтраллю.

Небезпека враження для людини визначається опором ланцюга людини. Зі зменшенням цих опорів ця небезпека збільшується.

Як величину тривалої враження струмом при нормальних умовах застосовують силу струму $I = 0,01$ А. При тривалому влученні під напругу силу струму, що допускається, приймають рівній силі струму, не зухвалих порушень у режимі ритму роботи серця.

Безпека експлуатації устаткування забезпечується поруч організаційних і технічних мір захисту: застосуванням малих напруг, захисним поділом мереж, контролем і профілактикою ушкодження ізоляції, подвійною ізоляцією, забезпеченням неприступності струмоведучих частин, захисним заземленням, захисним зануленням, захисним відключенням, застосуванням засобів індивідуального захисту й ін.

З метою запобігання травм рекомендується вживати наступних заходів обережності:

- рубильники включення установки знаходитися в спеціальній шафі;
- силові кабелі помістити в спеціальні захисні металеві рукава;
- передбачити спеціальне захисне відключення установки у випадку влучення людини під напругу;
- на панелі управління передбачити спеціальні лампи включення установки;
- вузли установки, що можуть виявитися під напругою, постачити затисками для підключення занулення.

Біля датчиків занулення нанести незмивний фарбою знаки «Земля» згідно ГОСТ 12.1.030-81.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на іспитовій напрузі $U=200$ В з частотою $f=50$ Гц протягом 1 хвилини.

Опір ізоляції повинен бути не менш 0,5 мОм.

Безпека експлуатації устаткування забезпечується поруч організаційних і технічних мір захисту: застосуванням малих напруг, захисним поділом мереж, контролем і профілактикою ушкодження ізоляції, подвійною ізоляцією, забезпеченням неприступності струмоведучих частин, захисним заземленням, захисним зануленням, захисним відключенням, застосуванням засобів індивідуального захисту та ін.

6.7 Надзвичайні ситуації

Для виникнення горіння необхідна наявність горючої речовини. Полум'я в нашому випадку може бути і вибуховим, бо в якості палива ми використовуємо газ. Також горіння може виникнути внаслідок порушення правил експлуатації електроустаткування.

Відповідно ОНТП 24-86 виробництво належить до категорії "В« »ожежної небезпеки. По ступені вогнестійкості належить до 1 ступеня. Для будинків цього ступеня вогнестійкості необхідно, щоб межа вогнестійкості несучих стін, стін сходових кліток, колон була не меншою ніж 2,5ч, сходових

площадок і косорівні менш 1ч, зовнішніх стін з начіпних панелей, перегородок і покрить не менш 0,5ч. Протипожежні двері, вікна і ворота в протипожежних стінах повинні мати межу вогнестійкості не менш 1,2 ч.

Число евакуаційних виходів з будинків, приміщень не менш двох. Ширина ділянки шляху евакуації 1,5 м, а дверей на шляхах евакуації – 1 м.

У приміщенні передбачена пожежна сигналізація - –сплові пожежні сповіщувачі. Інформація із сповіщувачів надходить на загально-цехову станцію. Також передбачені протипожежні щити і шухляди з піском.

6.8 Установки та засоби гасіння пожеж

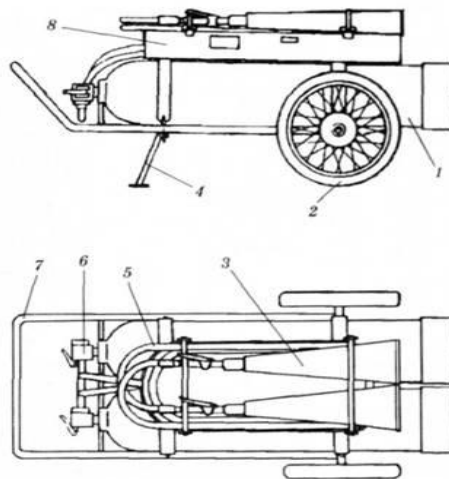
Досить часто як первинні засоби пожежогасіння використовують вогнегасники, які характеризуються високою вогнегасною спроможністю та значною швидкістю. За способом транспортування вогнегасної речовини вогнегасники випускаються двох видів: переносні (об'єм корпусу до 10 л; масою не більше 20 кг) та пересувні (об'єм корпусу понад 25 л на спеціальних пристроях з колесами). Вибір виду вогнегасника обумовлюється розмірами можливих осередків пожеж. При значних розмірах останніх рекомендується встановлювати пересувні вогнегасники (рисунок 6.8.1).

Залежно від вогнегасної речовини вогнегасники поділяють на: водяні; водопійні (повітряно-механічна піна); газові (вуглекислотні, хладонові); порошкові; комбіновані (піна - –орошок).

Порошкові вогнегасники (ВП-2, ВП-3, ВП-4, ВП-10, ВП-100) є універсальними та характеризуються широким діапазоном застосування. На відміну від інших видів вогнегасників, ними можна гасити лужні та лужноземельні метали та їх карбіди. Надлишковий тиск у корпусі для виштовхування через насадку-розпилювач порошку у вогнегаснику ВП-2 (рисунок 6.8.2) створюється вуглекислим газом, який у зрідженому стані знаходиться в балончику. Приведення вогнегасника в дію здійснюється аналогічно попередньо розглянутому вогнегаснику.

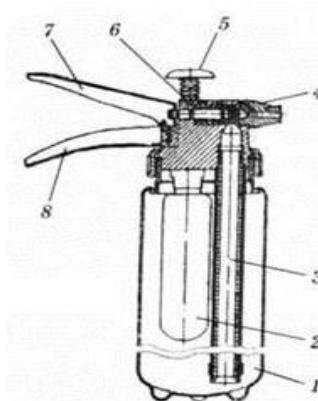
Вуглекислотні вогнегасники (ВВК-1,4, ВВК-2, ВВК-3,5, ВВК-5, ВВК-80) застосовуються для гасіння легкозаймистих та горючих рідин, твердих горючих

матеріалів, електропроводок, що знаходяться під напругою до 1000 В, також цінних предметів. їх не можна використовувати для гасіння гідрофільних ЛЗР (спирти, ацетон тощо), в яких CO₂ добре розчиняється, лужних та лужноземельних металів, тліючих речовин (відсутнє змочування), а також речовин, які можуть горіти без доступу повітря (целулоїд, магній, перекиси та ін.).



1 - балон; 2 - —олесо; 3 - —аструб; 4 - —пора; 5 - —ланг; 6 - —апірно-пусковий механізм; 7 - —ама; 8 - —ожух

Рисунок 6.8.1 – Пересувний вогнегасник ВВ-80



1 - —орпус; 2 - —алончик; 3 - —ифонна трубка; 4 - —асадка-розпилювач; 5 - —ускова кнопка; 6 - —апобіжна чека; 7 - —ажіль керування клапаном; 8 - —ручка

Рисунок 6.8.2 – Порошковий переносний вогнегасник ВП-2:

У вогнегаснику ВВК-2 (6.8.3, а) вуглекислота знаходиться в корпусі (товстостінний металевий балон) у зрідженому стані (вуглекислота переходить у зріджений стан при високому тиску). У разі натискання на важіль керування клапаном вуглекислота під тиском виходить у раструб, де в результаті різкого розширення (у 500 разів за об'ємом) та швидкого випаровування утворюється снігоподібна маса з температурою близько -70°C .

Хладонові (аерозольні) вогнегасники (ВАХ, ВХ-3, ВХ-7) призначені для гасіння електроустановок під напругою до 380 В, різноманітних горючих твердих та рідинних речовин, за винятком лужних та лужноземельних металів та їх карбідів, а також речовин, що здатні горіти без доступу повітря. Як вогнегасна речовина у хладонових вогнегасниках використовуються галогено-вуглеводні (бромистий етил, хладон 114В2, тетрадиброметан та ін.), які при виході з вогнегасника створюють струмінь із дрібнодисперсних краплин. Тому, на відміну від вуглекислого газу, галогеновуглеводними можна гасити тліючі матеріали (бавовна, текстиль, ізоляційні матеріали).

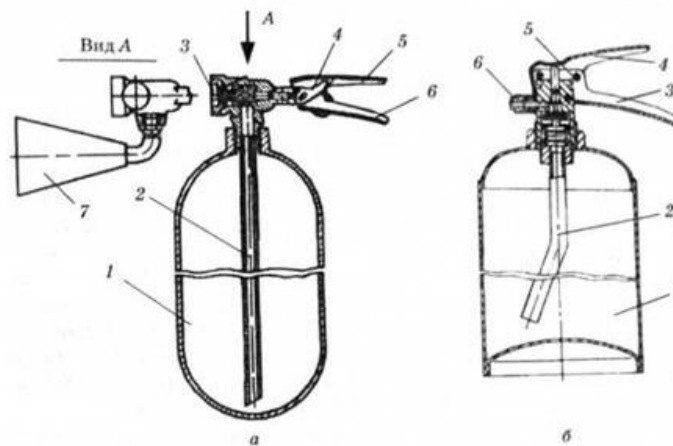


Рисунок 6.8.3 – Газові переносні вогнегасники:

а - —огнегасник вуглекислотний ВВК-2

1 - —орпус; 2 - —ифонна трубка; 3 - —апобіжна мембрана; 4 - —апобіжна чека;
б - важіль керування клапаном; 6 - —учка; 7 - —аструб;

б - —огнегасник хладоновий ВХ-3:

1 - –орпус; 2 - –ифонна трубка; 3 - –учка; 4 - –ажіль керування клапаном; 5 - –апобіжна чека; 6 - –асадка-розпилювач

Хладонові вогнегасники (6.8.3, б) являють собою циліндричні сталеві тонкостінні балони (хладони переходять у зріджений стан при невисокому тиску), в горловини яких встановлені запірно-пускові пристрої. Для створення надлишкового тиску, завдяки якому вогнегасна речовина виходить із насадки-розпилювача, в балон закачують стиснуте повітря.

Вибір типу та визначення необхідної кількості вогнегасників для оснащення приміщень відбувається відповідно до Правил пожежної безпеки в Україні з урахуванням їх вогнегасної здатності, граничної захищеної площі, категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою, а також класу можливої пожежі. Вогнегасники розміщуються в легкодоступних та помітних місцях, захищених від прямого потрапляння сонячних променів і безпосереднього впливу опалюваних та нагрівальних приладів.

Цифра у маркуванні вогнегасника означає масу вогнегасної речовини у кілограмах, що міститься у його корпусі.

Відповідно до ДСТУ 3675-98, вогнегасники всіх типів повинні проходити технічне обслуговування на спеціалізованих підприємствах у термін, установлений згідно з експлуатаційною документацією, але не рідше одного разу на два роки.

ЛП91мн.077244.01-70ТЕ

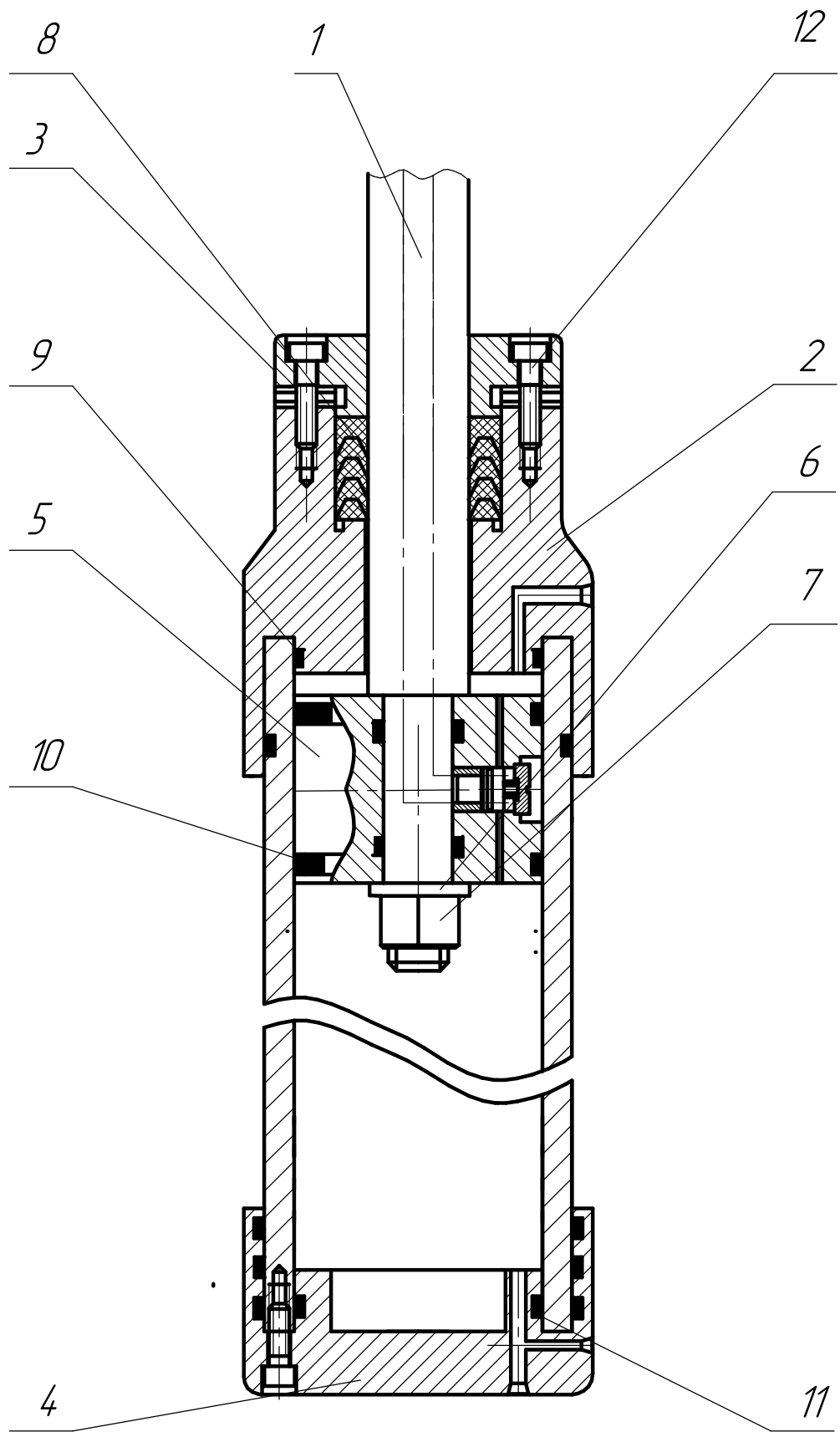


Рис. 7.1. Гідроциліндр механізму притискання сопла

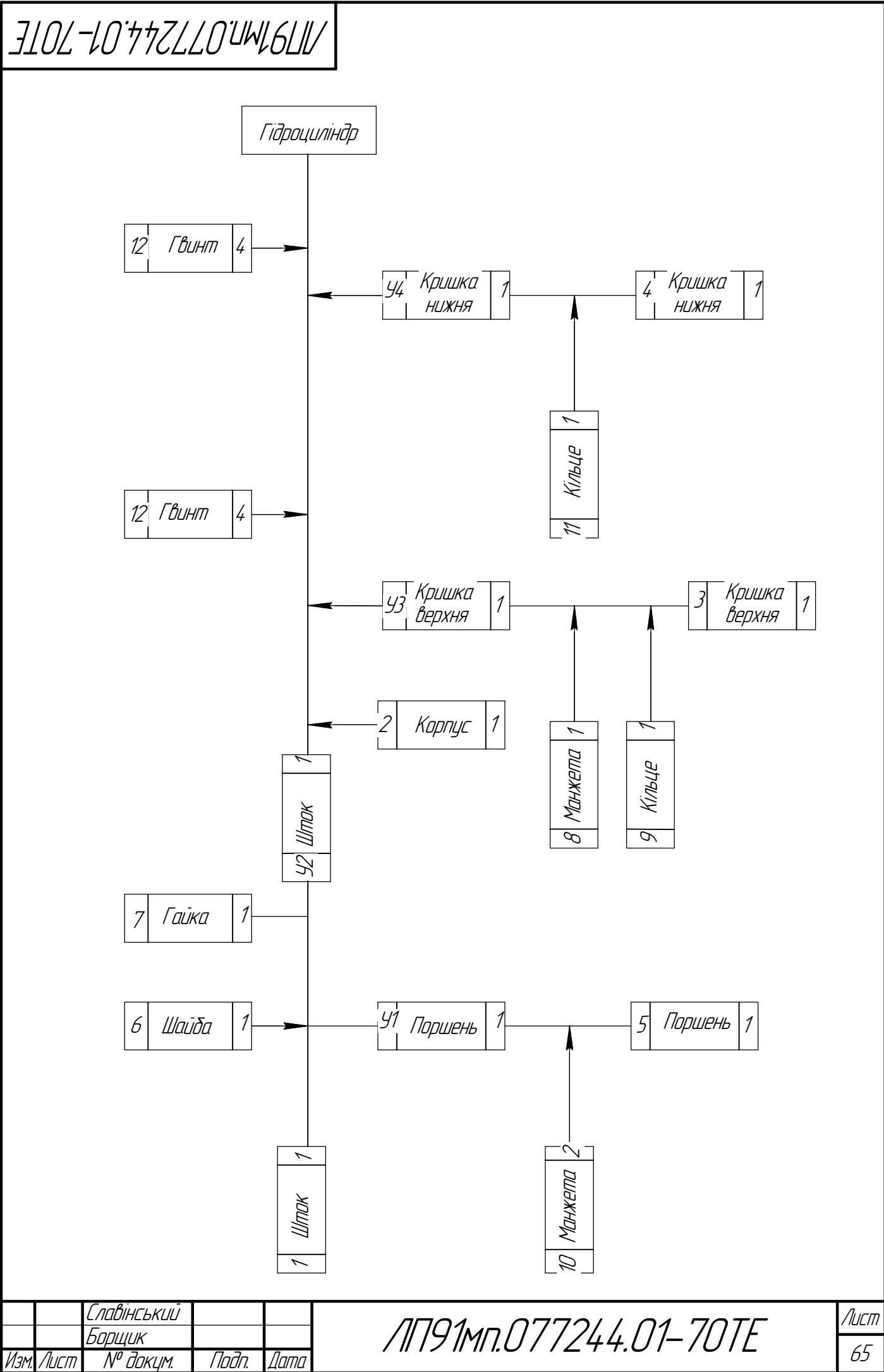
Інв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЛП91мн.077244.01-70ТЕ

[illegible]

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата



Славінський				
Борищук				
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

ГОСТ 3.1407-74 Форма 1а

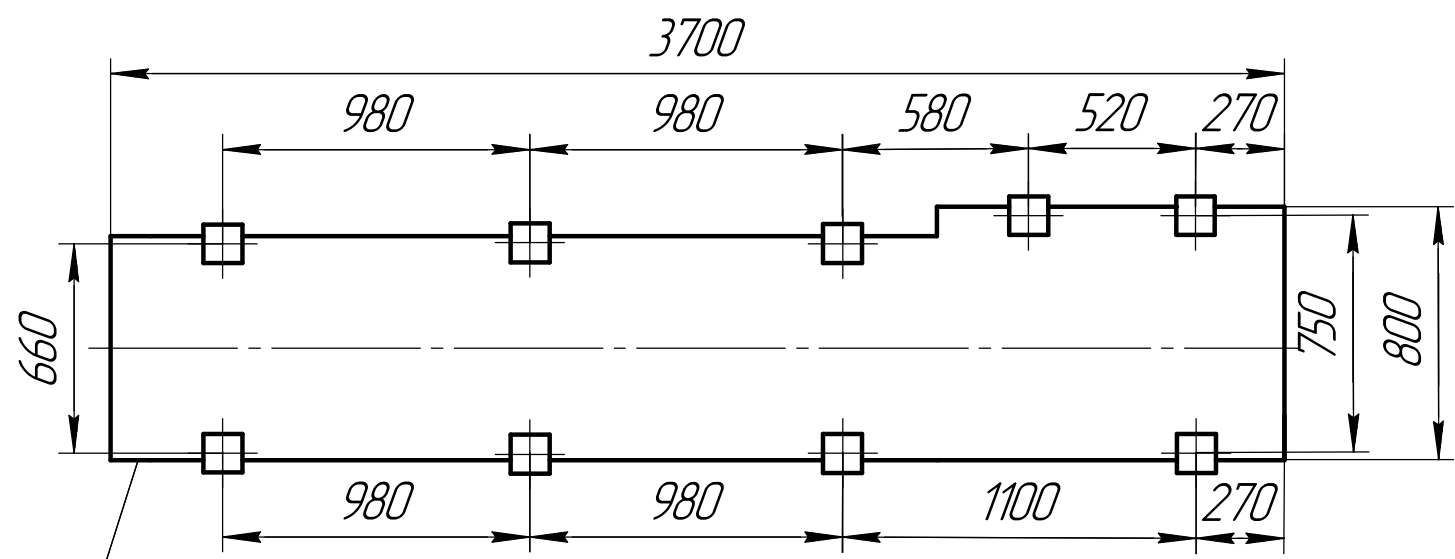
Інд. № дубл.		Підпис і дата		Взам. інв. №		Інв. № дубл.		Підпис і дата						
НТУУ “КПІ”				Операційна карта слюсарних, слюсарно-складальних та електромонтажних робіт										
№ цеха	№ участ	№ опер	Найменування операції						Обладнання (найменування, модель)					
			Складання гідроциліндра											
Номер переходу	Зміст переходу								Технологічний режим	Кіл.	Пристосування	Інструмент	T ₀	
1.	Зібрати поршень 5, для цього в канавку встановити								Поршень 5	1			3	
	ущільнююче кільце 10.								Ущільнююче					
									кільце 10.	1				
2.	Зібрати шток 1, для цього надіти на шток зібраний поршень 5								Шток 1	1	Лещата	Молоток	5	
	і закріпити його за допомогою гайки 7 та шайби 6.								Гайка 7	1		ключ		
									Шайба 6	1		гайковий		
												S=32		
3.	Зібраний шток 1 встановити у корпус 2								Корпус 2	1			1	
											Розроб.	Славінський		Арк.
											Перевір.	Борщик		66
														Арк.
	Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Н.контр.			

Інд. № дубл.		Підпис і дата		Взам. інв. №		Інв. № дубл.		Підпис і дата						
НТУУ “КПІ”				Операційна карта слюсарних, слюсарно-складальних та електромонтажних робіт										
№ цеха	№ участ	№ опер	Найменування операції							Обладнання (найменування, модель)				
			Складання гідроциліндра											
Номер переходу	Зміст переходу								Технологічний режим	Кіл.	Пристосування	Інструмент	Т ₀	
4.	Зібрати кришку 3, для цього в канавки встановити								Кришка 3	1			6	
	ущільнююче кільце 9 та манжету 8.								Ущільнююче					
									кільце 9	1				
									Манжета 8	1				
5.	Кришку 3 надіти на шток 1 і встановити у корпус 2								Гвинт 12	4		Викрутка	9	
	закріпити її гвинтами 12													
6.	Зібрати кришку 4, для цього в канавки встановити								Кришка 4	1			3	
	ущільнююче кільце 11								Ущільнююче					
									кільце 11	1				
										Розроб.	Славінський		Арк.	
										Перевір.	Борщик		67	
													Арк.	
	Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Н.контр.			

Інд. № дубл.		Підпис і дата		Взам. інв. №		Інв. № дубл.		Підпис і дата							
НТУУ “КПІ”				Операційна карта слюсарних, слюсарно-складальних та електромонтажних робіт											
№ цеха	№ участ	№ опер	Найменування операції								Обладнання (найменування, модель)				
			Складання гідроциліндра												
Номер переходу	Зміст переходу										Технологічний режим	Кіл.	Пристосування	Інструмент	T ₀
7.	Кришку 4 встановити в корпус 2 і закріпити гвинтами 12										Гвинт 12	4		Викрутка	9
8.	Вручну перевірити роботу гідроциліндра.												Лещата		1
	Загальний час складання														32
											Розроб.	Славінський			Арк.
											Перевір.	Борщик			68
		Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Н.контр.			Арк.

Інв. № дудл.	Підпис і дата	Зам. інв. №	Інв. № дудл.	Підпис і дата										
					Літера									
					Номер операції									

План-схема розміщення фундаментних робіт

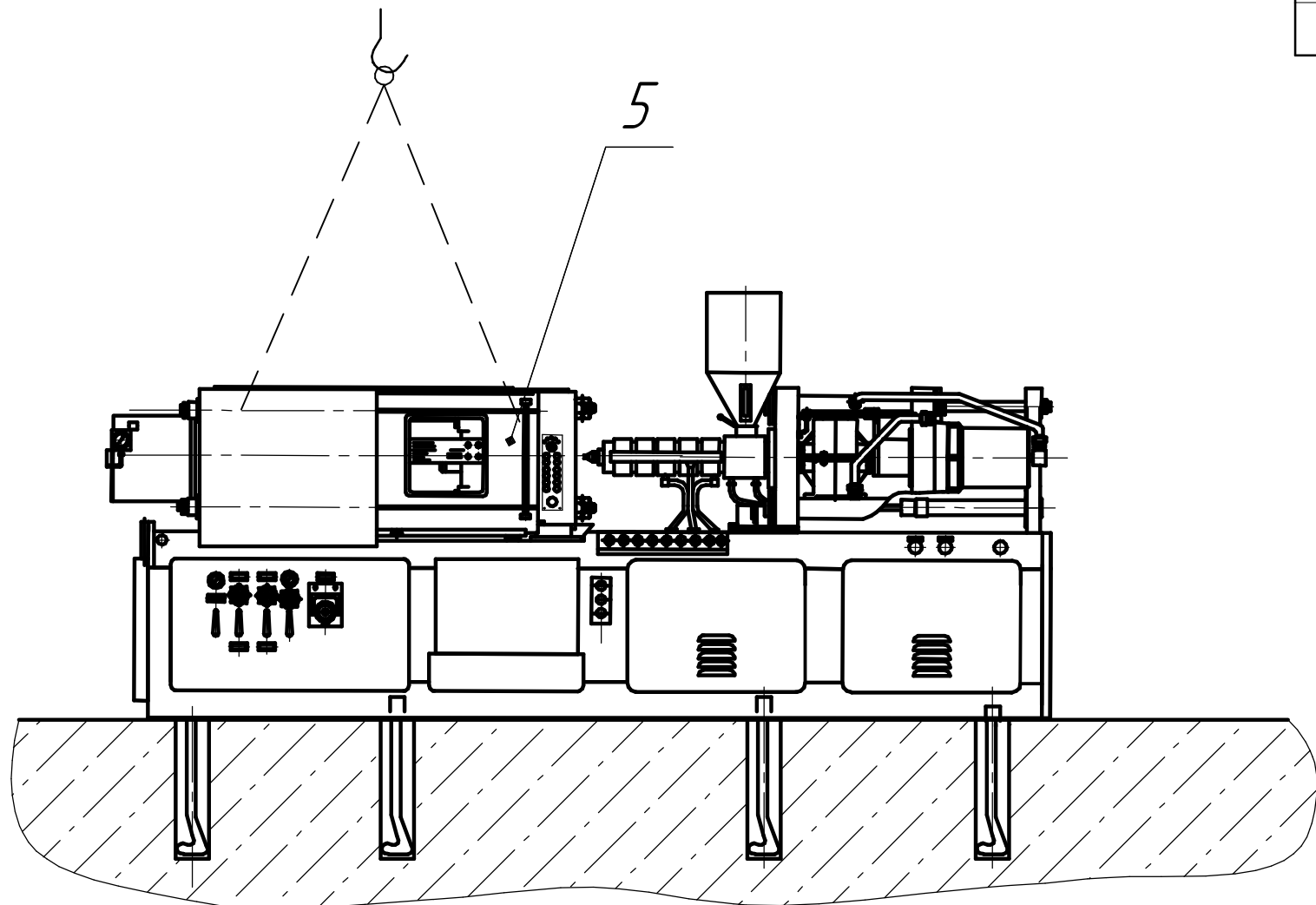


Контур станини ТПА

										Розробив	Славінський			Арк.
										Перевірив	Борщук			
														Арк.
										Затвердив				69

Карта ескізів

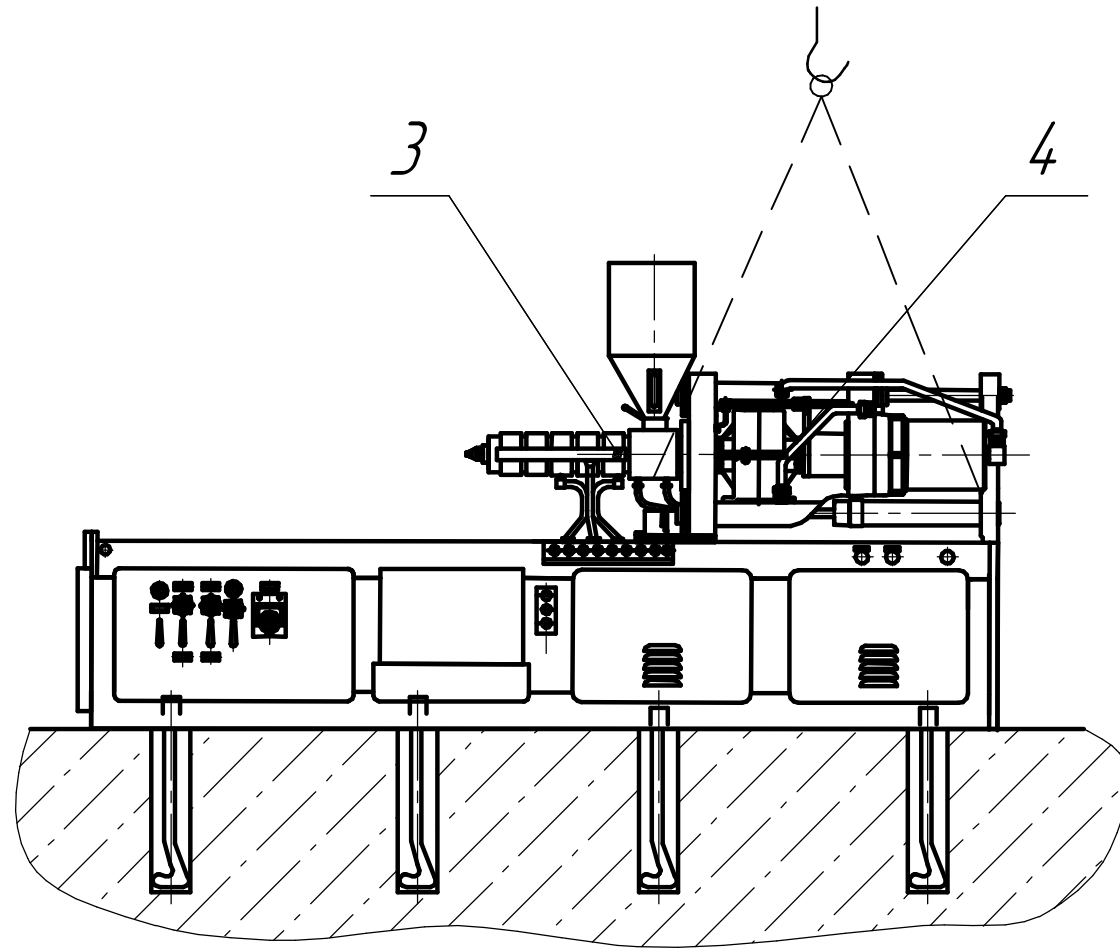
Номер операції



											Розробив	Славінський			Арк.
											Перевірив	Барщук			Арк.
															72
											Затвердив				

Карта ескізів

Номер операції



Розробив

Славінський

Арк.

Перевірив

Борщук

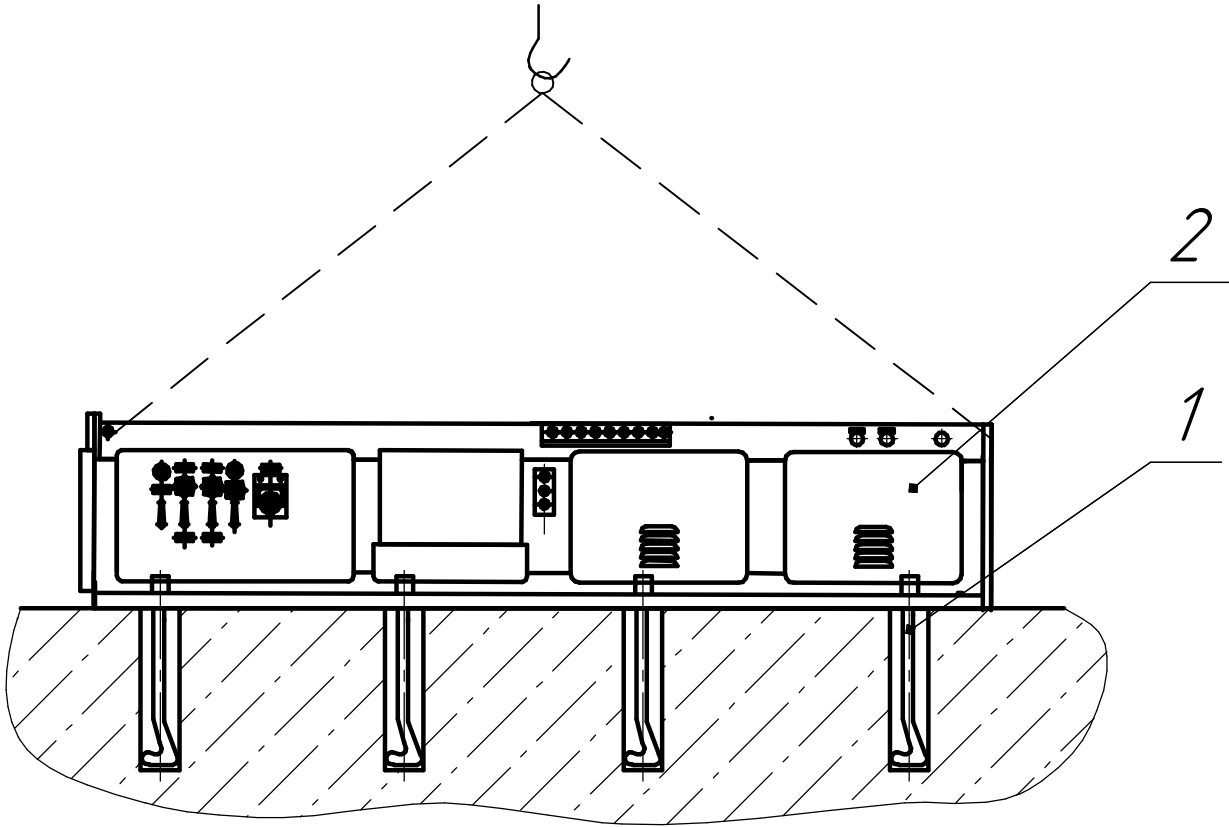
Арк.

Затвердив

71

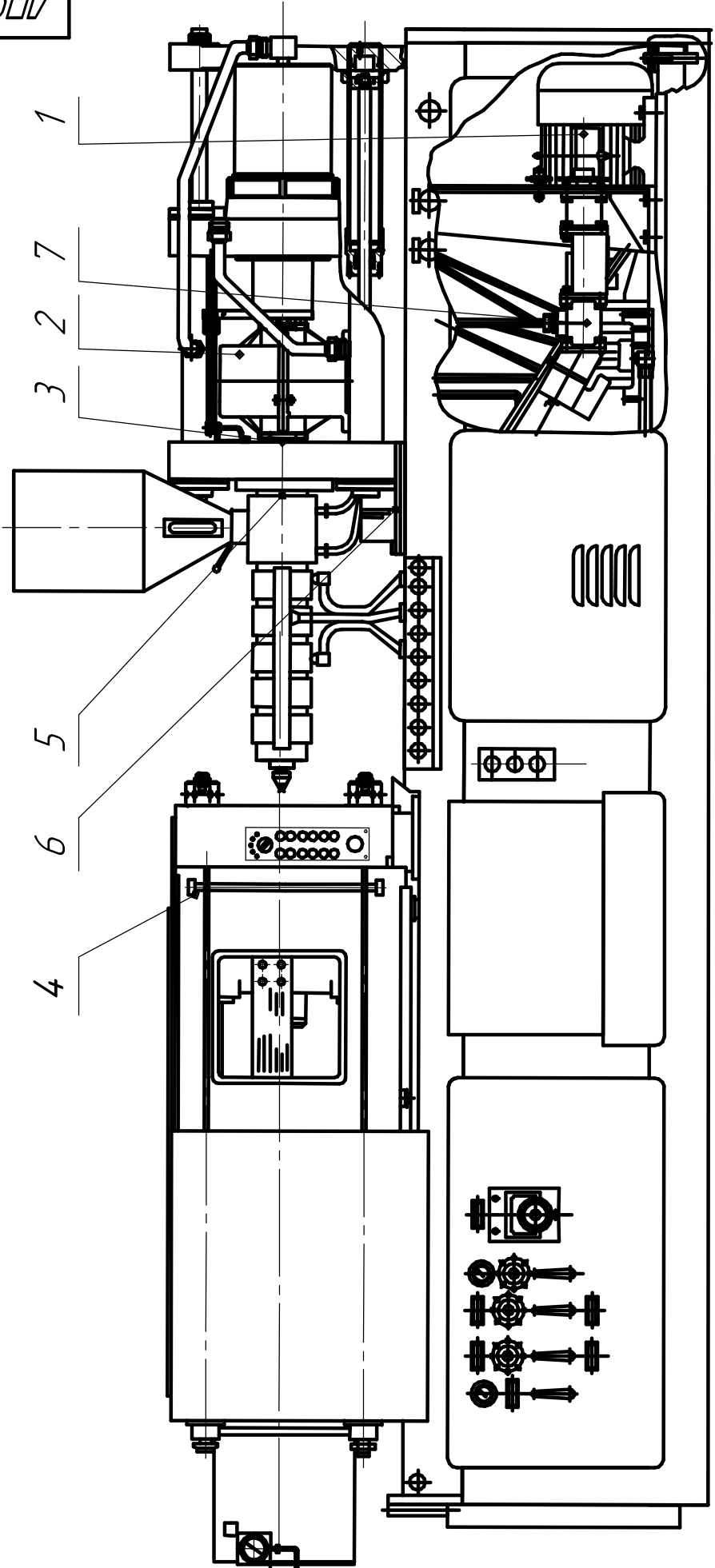
Карта ескізів

Номер операції



											Розробив	Славінський			Арк.
											Перевірив	Борцик			Арк.
											Затвердив				70

ЛП91мн.077244.01-70TE



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	Славінський Борщук	№ докум.	Подп.	Дата

ЛП91мн.077244.01-70TE

№ по-зиці	Найменування і позначення змiщувaного вузлa	Найменування змaщувaльного мaтеріaлу	Кількість точок змaщування	Спосiб нaнесення мaстилa	Періодичність
1	Підшипники ротора електродвигуна приводу ТПА	УС-3(Т) ГОСТ 1033-51	2	Потрібно заповнити порожнину корпусa підшипника на 2/3 мaстилом, потім раз на 3 місяці дoбaвляти в кожну порожнину 70 гр. мaстилa.	Зміну мaстилa проводити після промивки підшипників один раз в 6-8 місяців
2	Редуктор	Салiдол М та мaстило iндустріaльне 30, ГОСТ 20799-75	5	Підшипники редукторa змaщуються зa дoпомoгoю прес-мaстилок, для змaщування зубчастих коліс мaстило зaливaється у порожнину редукторa крізь оглядове вікно	Перший раз після місячної експлуатації, потім один раз в 6 місяців
3	Кожух шпинделя універсального	Мaстило П28 ГОСТ8480-78	1	Заливний окунанням зaливaється	Поновлювати мaсло кожні 6 місяців. Слідкувати зa рівнем мaстилa і при нeобхiдності поповнювати
4	Підшипники роликів захисного кожуха	Солiдол Ж ГОСТ1033-79	4	Через прес мaсльoнок.	Слідкувати зa рівнем мaстилa і при нeобхiдності поповнювати

					ЛП91мп.077244.01-70ТЕ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				Літера	Аркуш	Аркушів	
Розробив		Славінський									
Перевірив		Борщик							74		
Т. Контр.								НТУУ «КПІ ім.Ігоря Сікорського» ЛП-91мп			
Н. Контр.											
Затверд.											

№ по- зиції	Найменування і позначення зміщувального вузла	Найменування змащувального матеріалу	Кіль- кість точок змащу- вання	Спосіб нанесення мастила	Періодичніс- ть
5	Підшипник упорний	Солідол Ж ГОСТ1033-79	1	Централізовано від узла змазки. Перший раз заповнюють всі змащувальні канали витрата 300 г	Зміна мастила 1 раз в 8-9 місяців
6	Підшипник скольження	Солідол Ж ГОСТ1033-79	1	Централізовано від узла змазки. Перший раз заповнюють всі змащувальні канали, витрата 150 г	Зміна мастила 1 раз в 8-9 місяців
7	Насос			Змащується згідно правил технічної експлуатації на відповідний вибір.	

					ЛП91мп.077244.01-70TE	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ

8.1 Розробка 3D-моделі базової та модернізованої частини установки

Для розробки 3D-моделі модернізованої частини установки було вирішено використати САЕ-систему КОМПАС-3D. Всі розміри, необхідні для побудови, було взято з креслення ЛП91мп.077242.005-70СК.

Для побудови вузла спочатку було створено окремо всі деталі, які потім було об'єднано в збірку. Збірка складається з таких деталей: шнек, втулка, корпус, накінецьник.

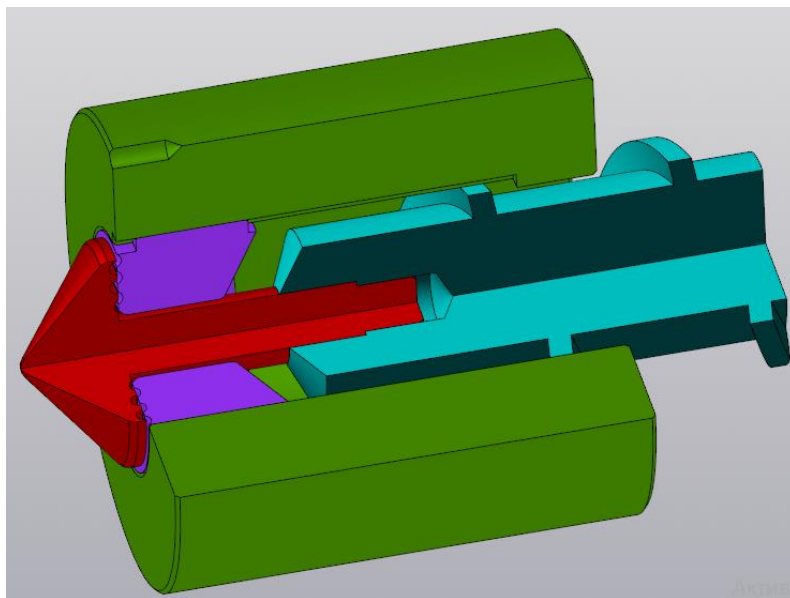


Рисунок 8.1.1 – Готова збірка модернізованого вузла

Базову 3D-модель модернізованого вузла було виконано в системі SolidWorks і зображено на рисунку 8.1.2.

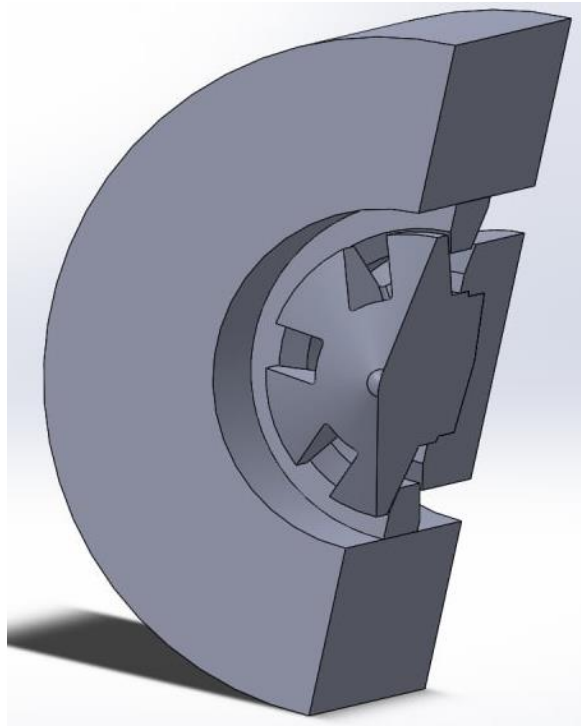


Рисунок 8.1.2 – Базова 3D-модель модернізованого вузла

8.2 Розрахунки для базової моделі модернізованого вузла. Визначення «критичних» параметрів

Розрахунок виконаний у програмі ANSYS та показаний на плакаті [ЛП91мп.077242.006-ПЛ]. На ньому ми можемо побачити розрахунки на жорсткість базової моделі модернізованого вузла.

Модель з SolidWorks збережено в форматі .stp та імпортовано в ANSYS, в якому створюємо проект для міцнісного розрахунку. Створюємо схему проекту Static Structural.

В бібліотеці матеріалів вписано характеристики матеріалу, з якого виготовлено деталі – сталь 40X13

В Static Structural закріплюємо модель (Supports => Fixed та Supports => Displacement) та вказуємо тиск 200 МПа для різних зон (Loads => Pressure), який діє на модель. Для кожного розрахунку створюємо сітку моделі, чим детальніша сітка - тим точніший результат дослідів отримаємо. Також у вкладці Solution обираємо результати, які б ми хотіли бачити: TotalDeformation, Equivalent Elastic Strain, Equivalent Stress та Safety Factor.

Дії описані вище зображені на рис. 8.2.1-8.2.8.

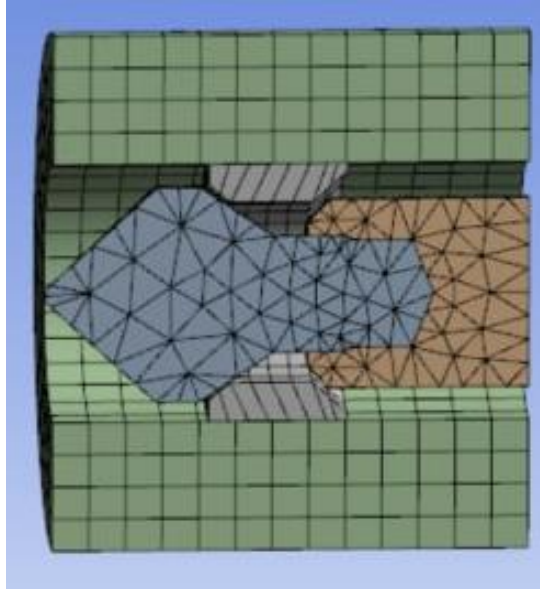


Рисунок 8.2.1 – Розбиття моделі на скінченні елементи

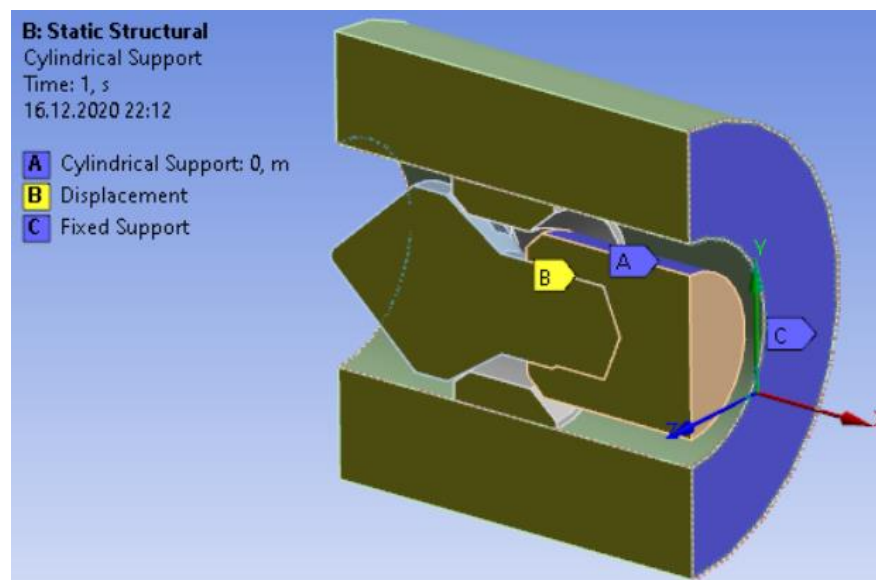


Рисунок 8.2.2 – Закріплення моделі

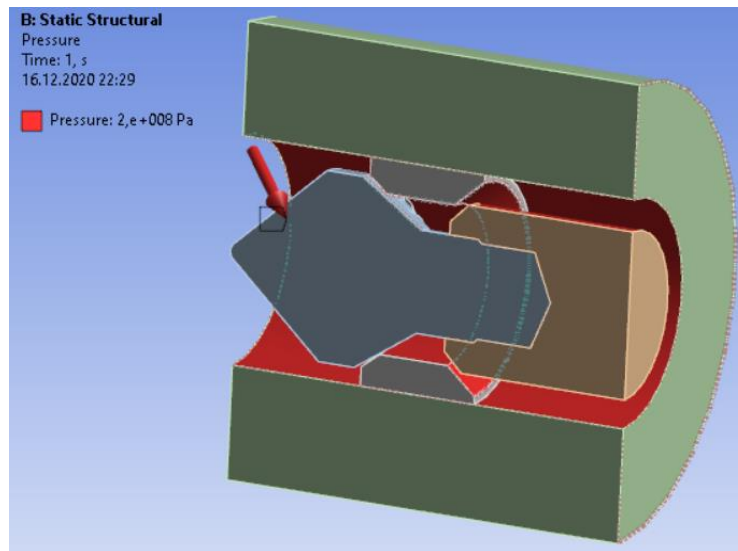


Рисунок 8.2.3 – Задання навантаження на модель

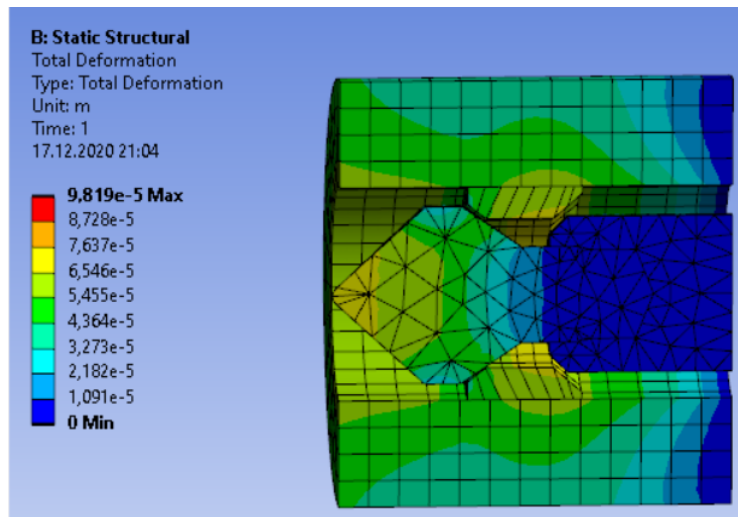


Рисунок 8.2.4 – Загальні деформації

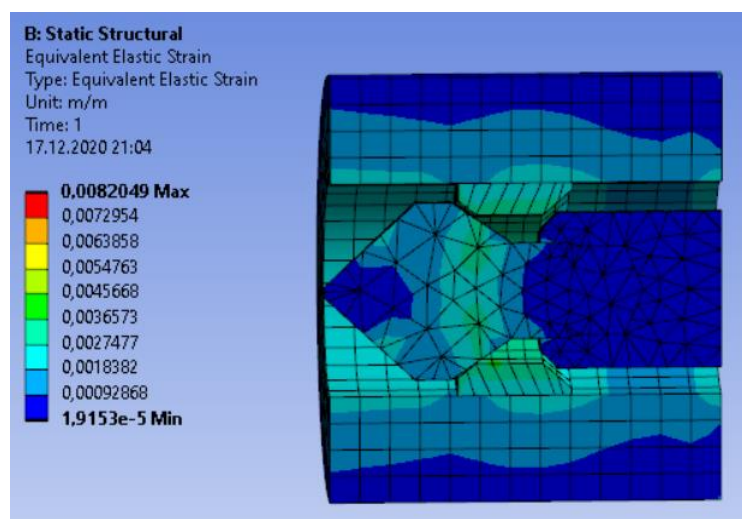


Рисунок 8.2.5 – Еквівалентні напруження

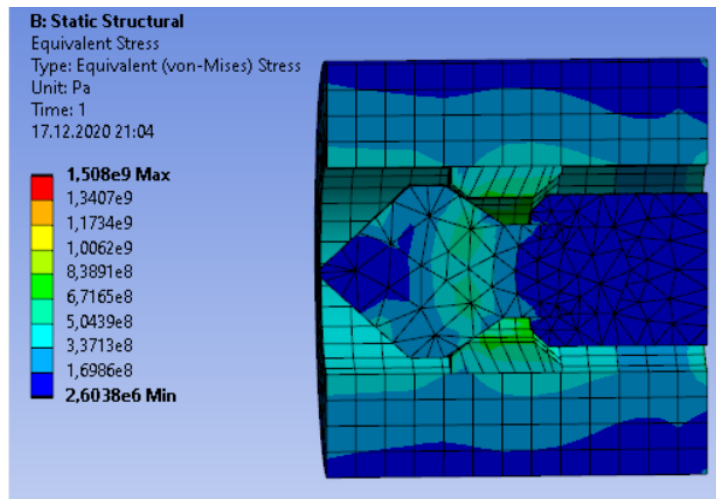


Рисунок 8.2.6 – Напруження за Мізесом

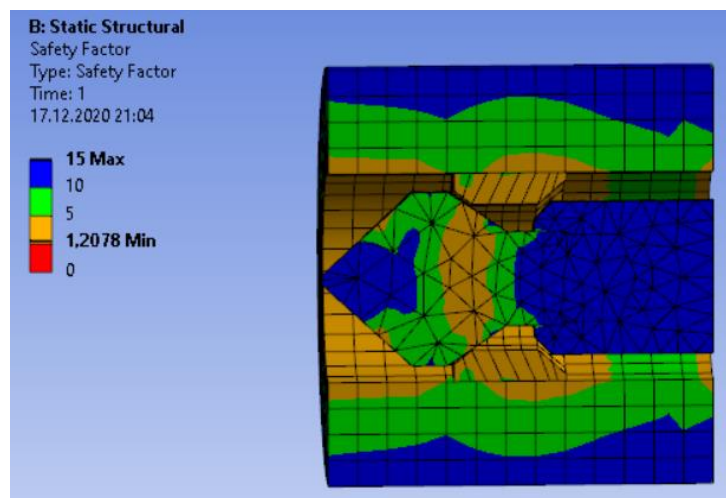


Рисунок 8.2.7 – Запас міцності

Для знаходження «критичних» параметрів було вирішено збільшувати тиск до того моменту коли запас міцності буде ≈ 1 . При тиску 220 Мпа коефіцієнт запасу міцності склав 1,09, тому його можна вважати «критичним».

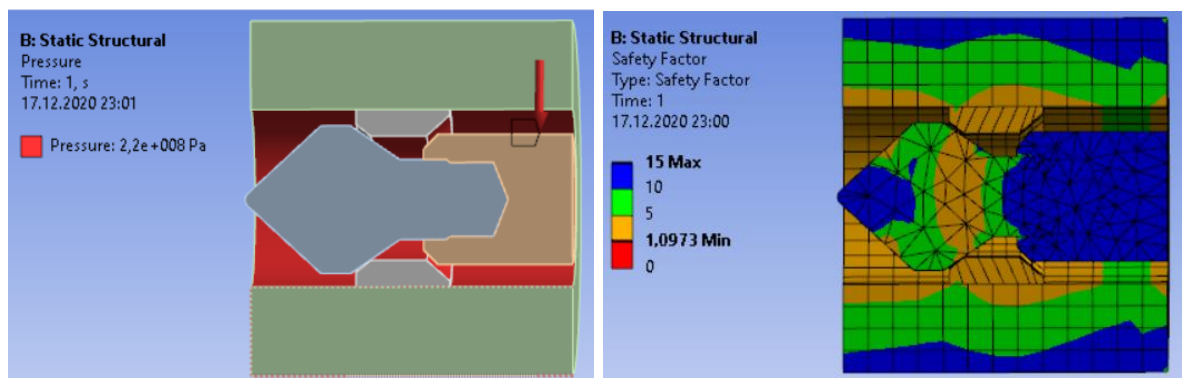


Рисунок 8.2.8 – Визначення критичних параметрів

8.3 Розрахунки для модернізованого вузла моделі. Визначення «критичних» параметрів для зміненої конструкції вузла

Розрахунок виконаний у програмі ANSYS та показаний на плакаті [ЛП91мп.077242.006-ПЛ]. На ньому ми можемо побачити розрахунки на жорсткість модернізованого вузла.

Для цього потрібно повторити всі операції описані в розділі 8.2.

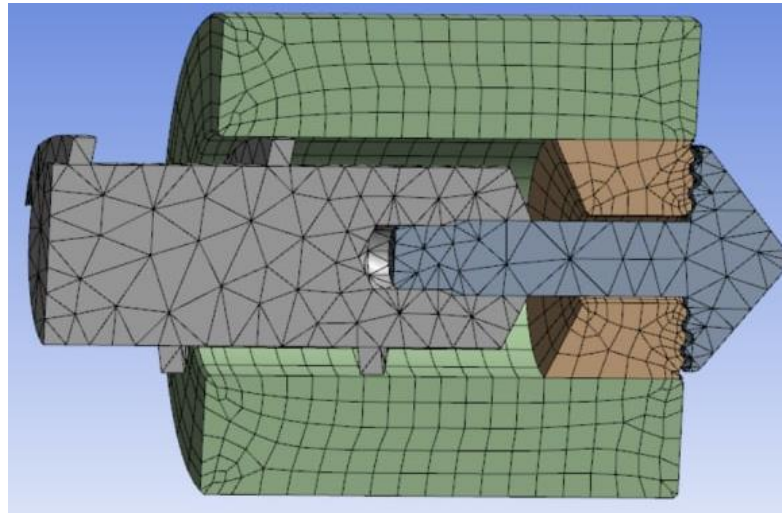


Рисунок 8.3.1 Розбиття моделі на скінченні елементи

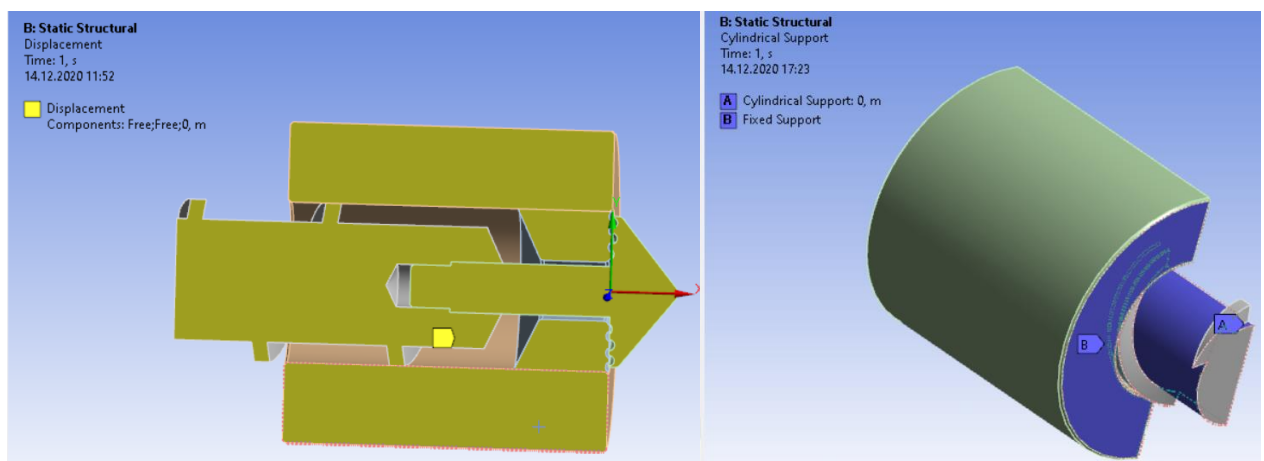


Рисунок 8.3.2 – Закріплення моделі

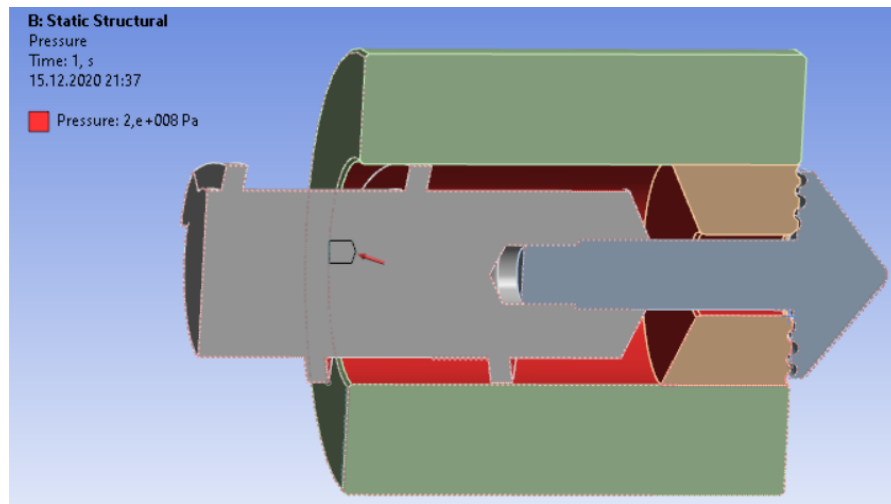


Рисунок 8.3.3 – Задання навантаження на модель

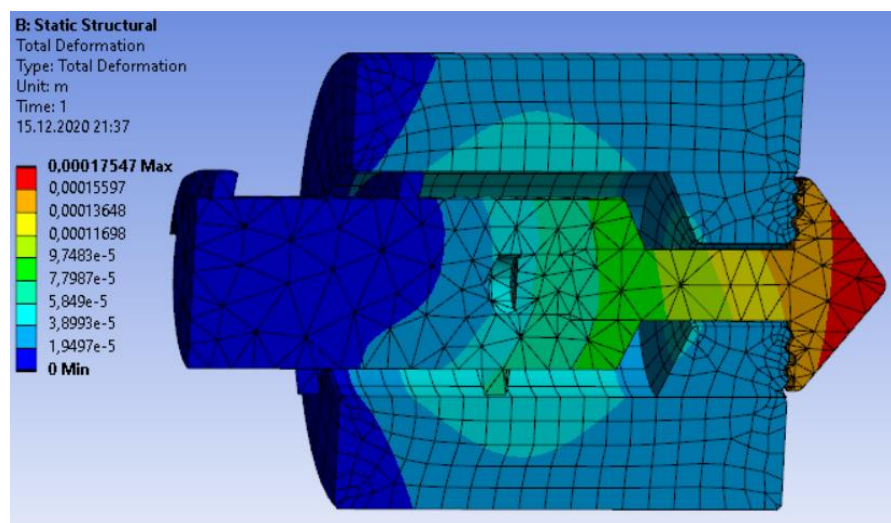


Рисунок 8.3.4 – Загальні деформації

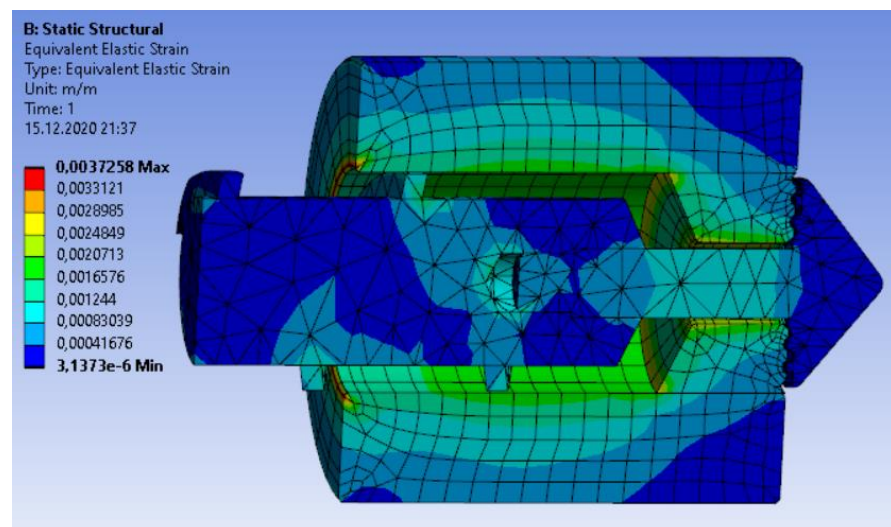


Рисунок 8.3.5 – Еквівалентні напруження

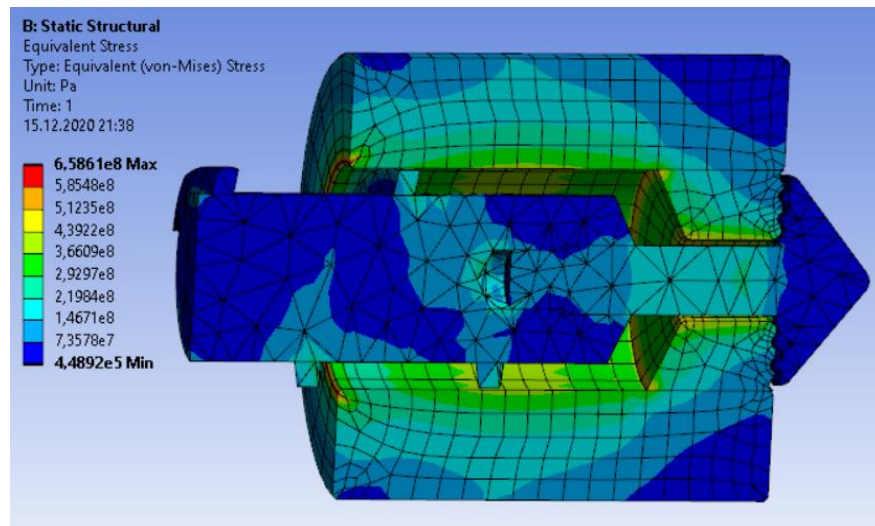


Рисунок 8.3.6 – Напруження за мізесом

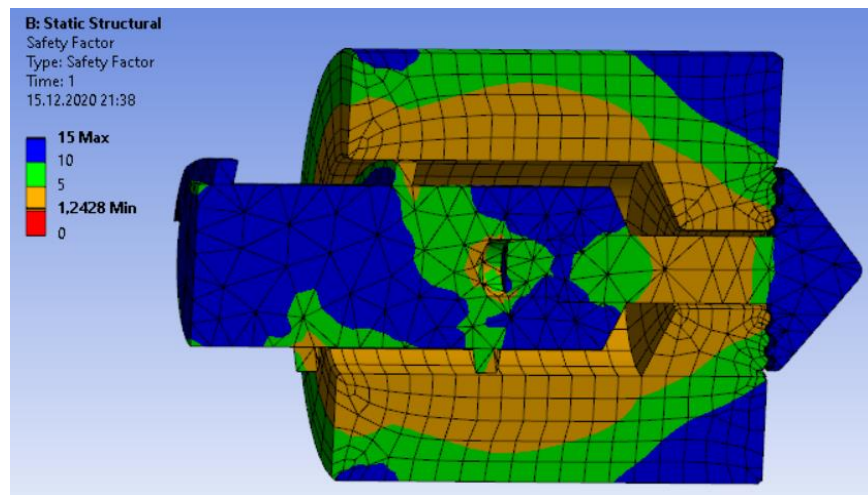


Рисунок 8.3.7 – Запас міцності

Для знаходження «критичних» параметрів було вирішено збільшувати тиск до того моменту коли запас міцності буде ≈ 1 . При тиску 230 Мпа коефіцієнт запасу міцності склав 1,075, тому його можна вважати «критичним».

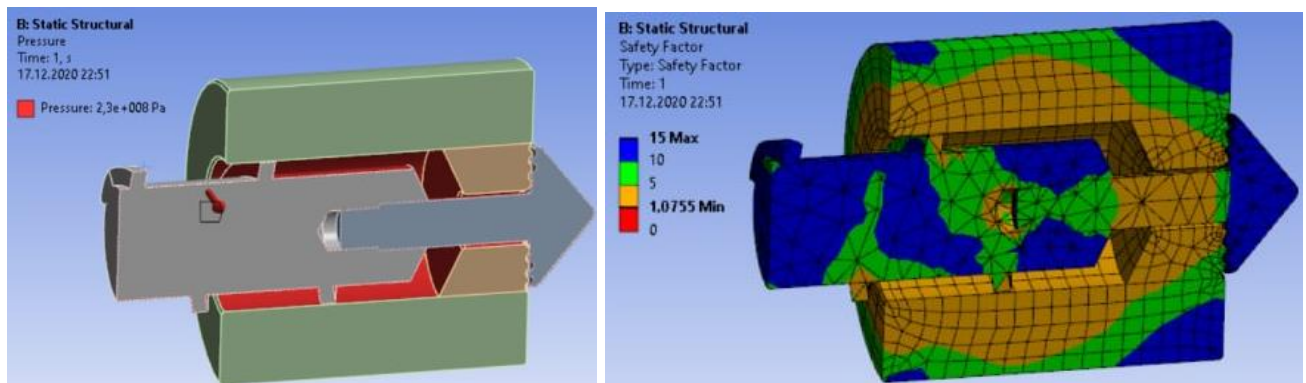


Рисунок 8.3.8 – Визначення «критичних» параметрів

З наведених вище рисунків 8.3.1-8.3.7 можна зробити висновок, що механічні характеристики модернізованого вузла майже не відрізняються від характеристик базового. Запас міцності модернізованого вузла складає 1,24, що є допустимим. Це говорить про те, що модернізований вузол витримає навантаження, які до нього будуть прикладатися.

8.4 Підтвердження працездатності модернізованої установки

З розрахунку в системі САПР «ANSYS» можемо бачити підтвердження працездатності базового та удосконаленого вузлів. При робочому тиску 200 МПа запас міцності для базового становить 1,21, а для модернізованого 1,24 (рис.8.4.1).

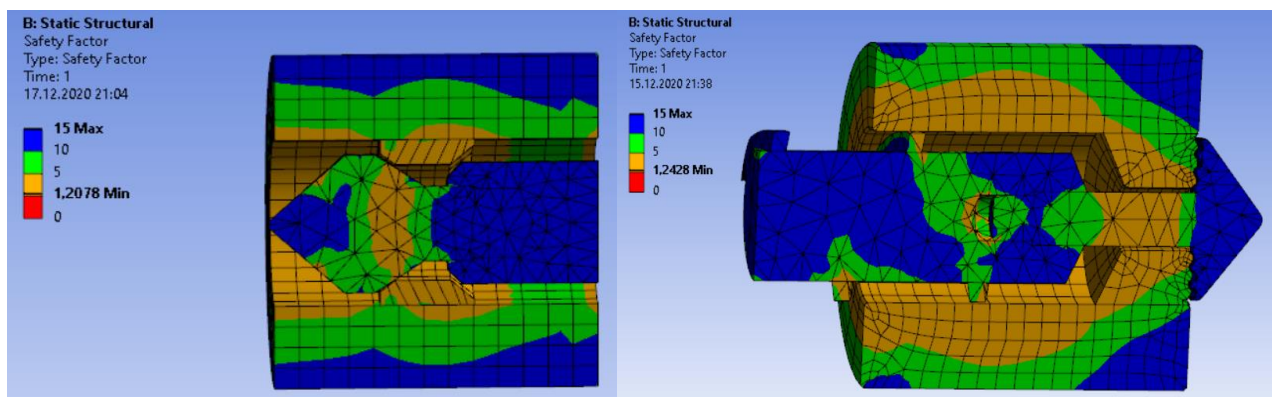


Рисунок 8.4.1 – Запас міцності базового та удосконаленого вузлів

Також було розраховано «критичні» параметри для обох вузлів. Для базового вузла критичним є тиск 220 МПа, а для удосконаленого 230 МПа (рис.8.4.2). Таким чином можна зробити висновок, що удосконалений вузол є повністю працездатним та надійним.

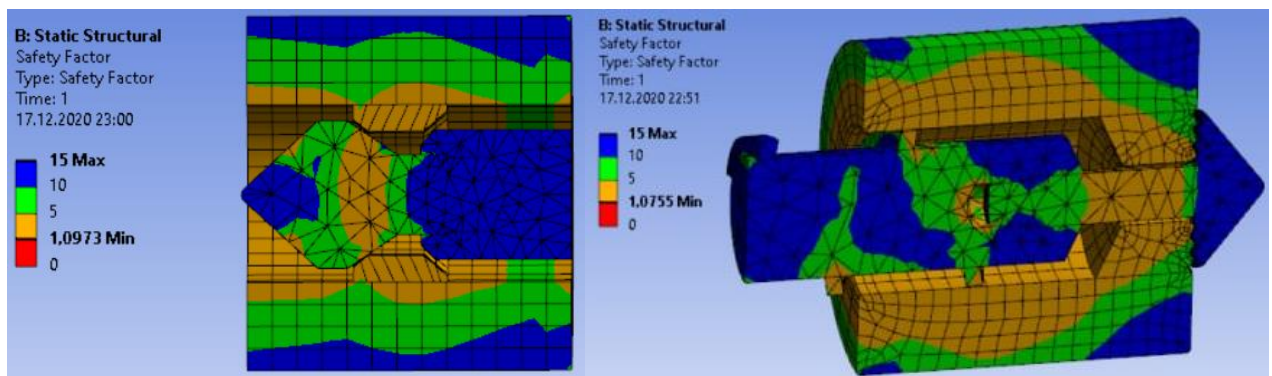


Рисунок 8.4.2 – «Критичні» параметри базового та удосконаленого вузлів

9 ВИСНОВКИ

Метою дипломного проекту є проведення модернізації термопластавтомата. Для цього проведені наступні роботи:

- розглянуто конструкцію базової машини для лиття під тиском, її основні частини та принцип дії;
- визначено переваги та недоліки базової конструкції ТПА;
- проведено літературний огляд, патентний пошук. Розглянуто і описано 7 технічних рішень;
- для удосконалення базової машини було обрано 2 винаходи. Перший – оснащення спряжених торцевих поверхонь втулки і накінецьника поглибленнями, що забезпечить підвищення змішувальної ефективності при наборі порції полімеру без зменшення продуктивності. Другий – удосконалення поршня гідроциліндра механізму притискання сопла, що забезпечить зменшення часу циклу, а це в свою чергу підвищить продуктивність ТПА;
- розглянуто небезпечні виробничі ситуації та розроблено заходи для їх уникнення. Також було розроблено заходи для безпечної роботи персоналу біля термопластавтомата;
- розроблено схему та карту монтажу ТПА;
- спроектовано 3D моделі базової та удосконаленої конструкції пластикаційного вузла. Виконано розрахунки їх напруженого деформованого стану за допомогою системи ANSYS, з яких видно, що при робочих навантаженнях деталі є працездатними;
- також визначено максимальні навантаження, які витримують деталі.

Література

1. Загородній В.К. «Литтєві машини для термопластів і реактопластів», довідковий посібник – М: «машинобудування», 1968 – 376 стор.
2. Загородній В.К. «Обладнання для переробки пластмас», довідковий посібник – М: «машинобудування», 1976 – 398 стор.
3. Анурьев В. И. «Справочник конструктора-машиностроителя» довідковий посібник – М.: «машинобудування», 1979. Т. 1. 728 с.
4. Щербина В.Ю., Методологія проектування. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2018. – 77 с. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25673>
5. Щербина В.Ю., Чемерис А.О., Конструкторське проектування обладнання. Курсовий проект [Електронний ресурс] / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2018. – 38 с. URL:<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25664>
6. Патент №2353517 С1 Росія, МПК В29/С45/66. Гидромеханическое устройство смыкания полуформ литьевой машины, например термопластавтомата
7. Патент №35601 Україна, МПК В29В 7/30 (2006). Термопластавтомат
8. Патент №88479 Україна, МПК В29С 45/66 (2006.01). Механізм замикання напівформ машини лиття, наприклад термопластавтомата.
9. Патент №36111 Україна, МПК В29В 7/00 (2008.10). Змішувально-інжекційний вузол машини для лиття під тиском.
10. Патент №12567 Україна, МПК В29С 47/36 (2006.01). Змішувальна секція черв'яка екструдера.
11. Патент №119631 Україна, МПК А23N 17/00, В29С 47/00, В30В 11/22 (2006.01), В29L 31/00 (2006.01). Екструдер.
12. Рябінін Д.Д., Лукач Ю.Є. «Змішувальні машини для пластмас і гумових сумішей», М. Машинобудування, 1972 – 272 с
13. Басов Н.І., Казанков Ю.В., Любартович В.А. «Розрахунок і конструювання обладнання для виробництва і переробки полімерних матеріалів» посібник для вузів.-М.:Химия, 1986.- 488с., ил.

14. Загородній В.К. «Обладнання для переробки пластмас», довідковий посібник – М: «машинобудування», 1976 – 398 стор.
15. Радченко Л.Б. «Переробка термопластів методом екструзії» - Київ:1999 – 214 стор.
16. Рябінін Д.Д., Лукач Ю.Є. «Червячні машини для переробки пластичних мас і гумових сумішей», М.Машинобудування, 1965 – 345 с.
17. Загородній В.К. «Литтєві машини для термопластів і реактопластів», довідковий посібник – М: «машинобудування», 1968 – 376 стор.
18. Гурович С.Г., Ильяшенко Г.А., Мочман Ш.Е. «Розрахунки і конструювання машин для переробки пластичних матеріалів», «М., Машинобудування», 1970, 296с.
19. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування “Теплові розрахунки машин для переробки полімерів”. К., КПІ, 1992.
20. Оборудование предприятий по переработке пластмасс. Под ред. Завгороднего В.К. Л., “Химия”, 1972г
21. Сідоров Д.Е., Колосов О.Є., Гур’єва А.О.. "Оцінювання геометричних параметрів пет-виробів у процесі формування," Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2017. N 1. С. 43-48. DOI: 10.20535/2306-1626.1.2017.119469.
22. К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний. Основи охорони праці. – К.: Основа, 2006 — 448 с.
23. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г., “Моделювання процесу нестационарного теплообміну в футерівці обертових агрегатів”. Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, – 2020, – №2(19). С. 20-31. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.2.2020.208052>
24. Сокольський О.Л., Івіцький І.І., Олексишен В.О.. "Моделювання течії розплавів полімерів за наявності низьков’язкого пристінного шару". Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2019. N 1. С. 35-40. DOI: 10.20535/2617-9741.1.2019.171033.

Вдосконалення конструкції інжекційного вузла термопластавтомата

Славінський В.В., студент, Сівецький В.І., к.т.н., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано технічне рішення по вдосконалення інжекційного вузла термопластавтомата (ТПА), у якому його нове конструктивне виконання забезпечує підвищення змішувальної ефективності та підвищення якості кінцевого виробу без зменшення продуктивності.

В [1,2] наведено базову конструкцію ТПА та його основних вузлів.

В машинах для лиття термопластів під тиском із шнековою підготовкою полімеру перероблюваний матеріал розплавляється, гомогенізується та за рахунок обертання шнека переміщується від завантажувальної горловини в напрямку сопла, і накопичується в порожнині перед ним. Після накопичення необхідної порції полімеру він виштовхується до прес-форми під заданим тиском крізь сопло за рахунок переміщення шнека в напрямку сопла і запирання зворотного клапана. Недоліками ТПА є: висока вартість пресформи та її довге виготовлення, обмежена товщина стінок виробу, недостатня змішувальна ефективність.

Після перегляду літератури та патентів для модернізації ТПА було вирішено використати [3].

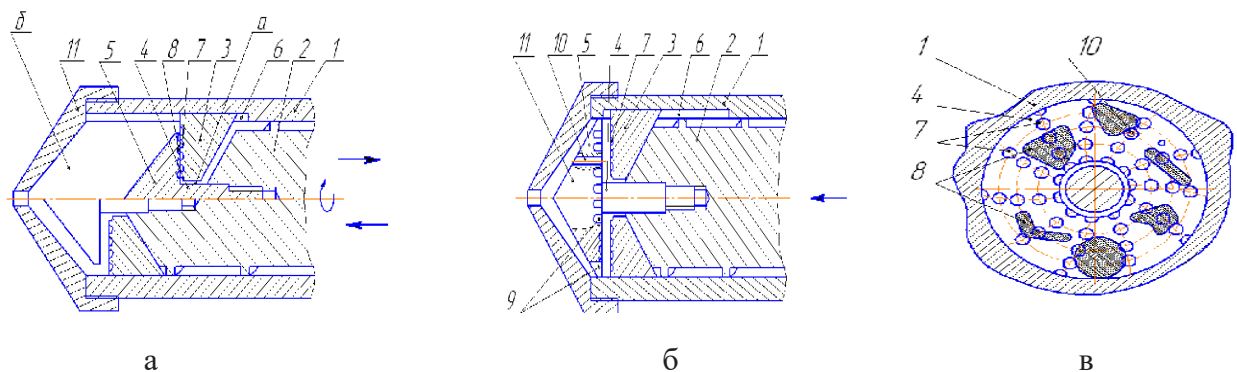


Рис.2 Інжекційний вузол ТПА для переробки пластмас

1 – циліндр, 2 – шнек, 3 – втулка, 4 – наконечник, 5 – упор, 6 – паз циліндра, 7 – поглиблення у втулці, 8, 9 – поглиблення у упорі, 10 – отвори в наконечнику, 11 – мундштук.

А – порожнина між втулкою і упором, Б – порожнина між мундштуком і наконечником.

Розплав полімеру, проходячи між стінкою циліндра та шнеком, потрапляє в порожнину між упором та втулкою, в яких є поглиблення на стінках. Внаслідок цього течія полімеру піддається розриву та перетиранню в мілких каналах. Це дозволяє отримати однорідний та гомогенізований розплав полімеру високої якості.

Література

1. Басов Н. И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов : учеб. для вузов / Н. И. Басов, Ю. В. Казанков, В. А. Любартвич. — М. : Химия, 1986. — 488 с.
2. Калинчев Э.Л., Калинчева Е.И., Саковцева М.Б. Оборудование для литья пластмасс под давлением: Расчет и конструирование – М.: Машиностроение, 1985 –256 с.
3. Патент № 36111 Україна, МПК В29В 7/00, 10.10.2008. Змішувально-інжекційний вузол машини для лиття під тиском.

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документація		
		A1			ЛПЗ1с.05724.2.000-70 ВЗ	Вид загальний		
						Складальні одиниці		
				1	ЛП91мп.07724.2.001.01-70	Гідроциліндр вприскування	1	
		A1		2	ЛП91мп.07724.2.003-70 СК	Редуктор	1	
		A1		3	ЛП91мп.07724.2.004-70 СК	Гідроциліндр підводу сопла	2	
		A1		4	ЛП91мп.07724.2.002-70 СК	Механізм притискання		
						прес-форми	1	
				5	ЛП91мп.07724.2.001.04-70	Пластикатор	1	
		6	ЛП91мп.07724.1.001.05-70	Гідронасос	1			
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЛП91мп.07724.2.000-70СП				
				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инв. № подл.	Разраб.	Славінський			Машина для лиття під тиском з модернізацією пластикаційного механізму	Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Сівецький					1	1
	Н.контр.					НТУУ "КПІ ім.І.Сікорського"		
	Утв.	Гондлях				ІХФ ЛП-91мп		

Перв. примен.		Справ. №			Подп. и дата		Инв. №		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.							
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание														
				Документація																
A1			ЛП91мп.07724.2.001-70 СК	Складальне креслення																
				Складальні одиниці																
		1	ЛП91мп.07724.2.001.01-70	Гідроциліндр вприскування	1															
A1		2	ЛП91мп.07724.2.003.-70 СК	Редуктор	1															
A1		3	ЛП91мп.07724.2.004.-70 СК	Гідроциліндр підводу сопла	2															
		4	ЛП91мп.07724.2.001.02-70	Напрямні колони	1															
		5	ЛП91мп.07724.2.001.03-70	Система охолодження	1															
		6	ЛП91мп.07724.2.001.04-70	Система обігріву	1															
		7	ЛП91мп.07724.1.001.05-70	Система гідропідводу	1															
				Деталі																
		8		Матеріальний циліндр	1															
		9		Шнек	1															
		10		Сопло	1															
			ЛП91мп.07724.2.001-70СП																	
Изм. Лист			№ докум.		Подп.		Дата		Инжекційно-пластикаційний вузол			Лист		Лист		Листов				
Разрад.			Славінський									1		1						
Пров.			Сівецький																	
Н.контр.																				
Утв.			Гондлях													НТУУ "КПІ ім.І.Сікорського"				
																ІХФ ЛП-91мп				
Копировал																	Формат		A4	

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіль- кість	Примітка
				Документація		
A1			ЛП91мп.07724.2.004-70 СК	Складальне креслення		
				Складальні одиниці		
		1	ЛП91мп.07724.2.004.01-70	Гідроциліндр підводу плити	4	
		2	ЛП91мп.07724.2.004.02-70	Гідроциліндр кінцевого дозапирання	1	
		3	ЛП91мп.07724.2.004.03-70	Колона	2	
		4	ЛП91мп.07724.2.004.04-70	Механізм регулювання зазору	1	
		5	ЛП91мп.07724.2.004.05-70	Механізм запирання	1	
		6	ЛП91мп.07724.2.004.06-70	Вимикач	1	
		7	ЛП91мп.07724.2.004.07-70	Система гідропідводу	1	
				Детелі		
		8	ЛП91мп.07724.1.004.08-70	Плита нерухома	1	
		9	ЛП91мп.07724.1.004.09-70	Плита рухома	1	
		10	ЛП91мп.07724.1.004.10-70	Гайка	16	
				Стандартні вироби		
		11		Гровер ГОСТ 6402-70	1	
		12		Шайба 10.65Г.05		
				ГОСТ 6402-70	1	
		13		Манжета 50×60 ГОСТ 6678-72	1	
		14		Кільце ущільнююче 062-070-46	14	
				ГОСТ 9836-75		
				ЛП91мп.07724.2.002.00-70СП		
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Механізм змикання форми	
Розроб.	Славінський					
Перев.	Сівецький					
Керівн.						
Н.контр.						
Затв.	Гондляр				Літ.	
					Аркуш	Аркушів
						1
					НТУУ "КПІ ім.І.Сікорського"	
					ІХФ ЛП-91мп	

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №		А1			ЛП91мп.07724.2.003-70СК	Складальне креслення			
							Деталі		
				1	ЛП91мп.07724.2.003.01-70	Основа корпусу	1		
				2	ЛП91мп.07724.2.003.02-70	Кришка корпусу	1		
				3	ЛП91мп.07724.2.003.03-70	Вхідний вал	1		
				4	ЛП91мп.07724.2.003.04-70	Шестерня вхідна	1		
				5	ЛП91мп.07724.2.003.05-70	Вал проміжний	1		
				6	ЛП91мп.07724.2.003.06-70	Колесо зубчасте	1		
				7	ЛП91мп.07724.2.003.07-70	Колесо зубчасте	1		
				8	ЛП91мп.07724.2.003.08-70	Кришка прохідна	1		
				9	ЛП91мп.07724.2.003.09-70	Кришка прохідна	1		
				10	ЛП91мп.07724.2.003.11-70	Кришка глуха	1		
				11	ЛП91мп.07724.2.003.12-70	Кришка глуха	1		
				12	ЛП91мп.07724.2.003.13-70	Кришка прохідна	1		
		Подп. и дата							
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инв. № подл.									
					ЛП91мп.07724.2.003 СП				
Изм.	Лист	№ докум.		Подп.	Дата				
Разрад.		Славінський							
Пров.		Сівецький							
Н.контр.									
Утв.		Гондлях							
						Редуктор	Лит.	Лист	Листов
								1	2
							НТУУ "КПІ ім.І.Сікорського" ІХФ ЛП-91мп		

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кіль- кість	Примітка
				Документація		
A1			ЛП91мп.07724.2.004-70 СК	Складальне креслення		
				Деталі		
		1	ЛП91мп.07724.1.004.01-70	Шток	1	
		2	ЛП91мп.07724.1.004.02-70	Корпус	1	
		3	ЛП91мп.07724.1.004.03-70	Кришка верхня	2	
		4	ЛП91мп.07724.1.004.04-70	Кришка нижня	1	
		5	ЛП91мп.07724.1.004.05-70	Поршень	1	
		6	ЛП91мп.07724.1.004.06-70	Шайба	1	
		7	ЛП91мп.07724.1.004.07-70	Гайка	1	
				Стандартні вироби		
		8		Манжета 18×26 ГОСТ 6678-72	1	
		9		Кільце ущільнююче 062-070-46 ГОСТ 9836-75	1	
		10		Манжета 50×60 ГОСТ 6678-72	1	
		11		Кільце ущільнююче 062-070-46 ГОСТ 9836-75	1	
		12		Гвинт М12×35 ГОСТ 1491-72	8	
		13		Гвинт М6×5 ГОСТ 1491-72	1	
		14		Пружина1086-075ГОСТ 18793-80	1	
				ЛП91мп.07724.2.004-70СП		
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Модернізація гідроциліндра механізма притискання	
Розроб.	Славінський					
Перев.	Сівецький					
Керівн.						
Н.контр.						
Затв.	Гондляр				НТУЧ "КПІ ім.І.Сікорського" ІХФ ЛП-91мп	
					Літ.	Аркуш
						1
						1

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
		А1				Документація			
						ЛП91мп.07724.2.005-70 СК	Складальне креслення		
							Деталі		
					1	ЛП91мп.07724.1.005.01-70	Корпус	1	
					2	ЛП91мп.07724.1.005.02-70	Шнек	1	
					3	ЛП91мп.07724.1.005.03-70	Штопорне кільце	1	
					4	ЛП91мп.07724.1.005.04-70	Фланець	1	
					5	ЛП91мп.07724.1.005.05-70	Втулка	1	
					6	ЛП91мп.07724.1.005.06-70	Упора	1	
					7	ЛП91мп.07724.1.005.07-70	Гільза	1	
					8	ЛП91мп.07724.1.005.08-70	Кришка	1	
					9	ЛП91мп.07724.1.005.09-70	Шпонка	1	
					10	ЛП91мп.07724.1.005.10-70	Сопло	1	
							Стандартні вироби		
					11		Гвинт М25х35 ГОСТ 1491-72	1	
					12		Гвинт М14х20 ГОСТ 1491-72	1	
					Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	ЛП91мп.07724.2.005-70СП
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Инв. № подл.	Разраб.	Славінський			Модернізація пластикаційного механізму	Лист.	Лист	Листов	
	Пров.	Сівецький					1	1	
	Н.контр.					НТУУ "КПІ ім.І.Сікорського"			
	Утв.	Гондлях				ІХФ ЛП91-мп			